

Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Vergleich von verschiedenen Energiesystem auf deren langfristige Wirtschaftlichkeit in Hinblick eines Wohnbaus**

Autor:

**Herr Ing. Hannes Treichl**

Studiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**KW08w2IA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr.-Dr. h. c. Hartmut Lindner**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. rer. oec. Johannes N. Stelling**

Einreichung:

**Wörgl, 24.08.2014**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2014**

# Bibliografische Beschreibung:

## Thema:

Vergleich von verschiedenen Energiesystemen auf deren langfristige Wirtschaftlichkeit in Hinblick eines Wohnbaus

## Verfasser:

Ing. Hannes Treichl

## Matrikel Nr.:

27152

## Seminargruppe:

KW08w2IA

## Fakultät:

Wirtschaftswissenschaften der Hochschulen

## Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen

Seitenanzahl: 51

Abbildungen: 19

Tabellen: 23

## Referat:

Vorliegende Arbeit soll der Fa. Stiefmüller Hohenauer Partner dienen, um ein Werkzeug zu entwickeln mit dem man sowohl verschiedene Energiesysteme quantitativ, als auch qualitativ bewerten kann. Da es bisher in dem Unternehmen zumindest keine einheitliche Bewertungsverfahren diesbezüglich gab, wurde anhand eines Wohnbaues der Vergleich von verschiedenen Energiesystemen auf deren langfristige Wirtschaftlichkeit durchgeführt. Da der Wohnbau als Passivhausstandard ausgeführt wird, zeugt dies bereits von dem umweltbewussten Denken des Wohnbauträgers. Des Weiteren wurde in der Tiroler Bauordnung festgelegt, dass bei einem Neubau ein wirtschaftlicher, ökologischer, sowie technischer Vergleich von verschiedenen erneuerbaren Energiesystemen notwendig ist. Ziel dieser Arbeit soll es daher sein, am Beispiel der Wohnanlage, die verschiedenen Energiesysteme zu vergleichen, und abschließend dem Auftraggeber eine Empfehlung abzugeben, welche ihm die Entscheidungsfindung erleichtern soll.

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Tabellenverzeichnis .....	II
Abbildungsverzeichnis .....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	IV
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung/Ausgangssituation .....	1
1.2 Zielsetzung .....	1
1.3 Methodisches Vorgehen .....	2
<b>2 Allgemeine Begrifflichkeiten und Grundvoraussetzungen .....</b>	<b>3</b>
2.1 Ingenieurbüro SHP GmbH .....	3
2.2 Bauvorhaben: NHT – Wohnanlage mit 56 Wohnungen.....	5
2.3 Gegenüberstellung der relevanten Energiesysteme.....	7
2.4 Umweltrelevanz .....	13
2.5 Anforderungen an die Haustechnik .....	16
<b>3 Bewertungsverfahren für den Vergleich der Energiesysteme .....</b>	<b>18</b>
3.1 Entscheidungsfindung.....	18
3.2 Bewertungsverfahren .....	20
3.3 Quantitatives Bewertungsverfahren: Nach VDI 2067 .....	22
3.4 Qualitatives Bewertungsverfahren: Nutzwertanalyse .....	30
<b>4 Vergleich der verschiedenen Energiesysteme.....</b>	<b>33</b>
4.1 Grundlagenermittlung und Rahmenbedingungen.....	33
4.2 Festlegung der Zielkriterien.....	35
4.3 Var. 1: Fernwärme mit Solaranlage.....	37
4.4 Var. 2: Gaskessel mit Solaranlage .....	40
4.5 Var. 3: Pelletsanlage.....	42
4.6 Var. 4: Grundwasserwärmepumpe.....	44
4.7 Auswahl des Energieversorgungssystems mittels Nutzwertanalyse.....	46
4.8 Ergebnisanalyse .....	48
<b>5 Schlussteil .....</b>	<b>50</b>
5.1 Conclusio .....	50
5.2 Maßnahmen und Konsequenzen .....	51
<b>Anhang .....</b>	<b>VI</b>
Literaturverzeichnis: .....	VI
Eidesstattliche Erklärung .....	X

# Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Vergleich der verschiedenen Energiepreise in Tirol .....	8
Tab. 2:	Vergleich der Betriebskosten bei einem Einfamilienhaus mit 150m2.....	8
Tab. 3:	Vor- und Nachteile der Fernwärme .....	9
Tab. 4:	Vor- und Nachteile der Pelletsanlage.....	10
Tab. 5:	Vor- und Nachteile der Gasanlage mit Solarunterstützung.....	11
Tab. 5:	Vor- und Nachteile einer Wärmepumpe .....	12
Tab. 7:	Übersicht der quantitativen Bewertungsverfahren.....	20
Tab. 8:	Kostenvergleich Fernwärme – Einfamilienhaus nach VDI 2067 .....	26
Tab. 9:	Kostenvergleich Gastherme – Einfamilienhaus nach VDI 2067.....	27
Tab. 10:	Kostenvergleich Pelletskessel – Einfamilienhaus nach VDI 2067 .....	28
Tab. 11:	Vergleich der Energieversorgungssysteme beim Einfamilienhaus .....	29
Tab. 12:	Nutzwertanalyse beim Einfamilienhaus.....	31
Tab. 13:	Vereinbarte Raumtemperaturen mit NHT.....	33
Tab. 14:	Gesamtwärmebedarf Wohnanlage errechnet.....	34
Tab. 15:	Primärenergieverbrauch der Wohnanlage .....	34
Tab. 16:	Primärenergieverbrauch der Wohnanlage bei Fernwärme + Solar .....	38
Tab. 17:	Kostenvergleich Fernwärme mit Solar – Wohnanlage nach VDI 2067 .....	39
Tab. 18:	Kostenvergleich Gaskesselanlage mit Solar – Wohnanlage nach VDI 2067 .....	41
Tab. 19:	Kostenvergleich Pelletsanlage – Wohnanlage nach VDI 2067.....	43
Tab. 20:	Primärenergieverbrauch der Wärmepumpe .....	44
Tab. 21:	Kostenvergleich Wärmepumpe – Wohnanlage nach VDI 2067.....	45
Tab. 22:	Nutzwertanalyse - Wohnanlage .....	47
Tab. 23:	Kostenvergleich der Energiesysteme - Wohnanlage.....	48

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Fachbereiche der Fa. SHP .....	4
Abb. 2:	Aufgabengebiet der Fa. SHP .....	5
Abb. 3:	Darstellung der Wohnanlage .....	6
Abb. 4:	Energiepreisentwicklung in Tirol Februar 2007 bis Juni 2014 .....	7
Abb. 5:	Die globale mittlere Oberflächentemperatur der Erde seit 1850 .....	14
Abb. 6:	Entwicklung des weltweiten CO <sub>2</sub> – Ausstoßes seit 1850 .....	14
Abb. 7:	CO <sub>2</sub> Emissionen der Heizsysteme .....	15
Abb. 8:	Aufbau eines Heizungssystems .....	16
Abb. 9:	Entscheidungen Treffen.....	18
Abb. 10:	Möglichkeiten der Entscheidungsfindung .....	19
Abb. 11:	Kostenrechnung nach VDI 2067 .....	22
Abb. 12:	Berechnung Kapitalgebundene Kosten .....	23
Abb. 13:	Berechnung Annuitätsfaktor .....	23
Abb. 14:	Berechnung Verbrauchsgebundene Stoffe.....	24
Abb. 15:	Kosten für Versicherungen .....	25
Abb. 16:	Gegenüberstellung Energiesysteme beim Einfamilienhaus .....	29
Abb. 17:	Anschlusspunkt Fernwärme .....	37
Abb. 18:	Anschlusspunkt Gasnetz.....	40
Abb. 19:	Gegenüberstellung Energiesysteme bei der Wohnanlage .....	48

# Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
°C	Grad Celsius
CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid
etc.	et cetera
gem.	gemäß
GLT	Gebäudeleittechnik
Hzg	Heizung
kg	Kilogramm
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
lt.	laut
max.	maximal
min.	mindestens
Mio.	Millionen
n	Nutzungsdauer
SHP	Stiefmüller Hohenauer Partner GmbH
stat.	statisch
Tab.	Tabelle
TGA	Technische Gebäude Ausrüstung
Var	Variante
VDI	Verband deutscher Ingenieure
z. B.	zum Beispiel

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung/Ausgangssituation

Das Ingenieurbüro SHP ist in vielen Bereichen der Haustechnik tätig. Dabei hat sich die Firma speziell auf drei Bereiche forciert, den Verwaltungs- und Wohnbau, den Industriebau und den Gesundheitsbau. Bei all diesen Bereichen ist es beim Anfang der Projektphase immer wichtig vorher in intensiven Gesprächen mit dem Kunden herauszufinden was für ihn wichtige Indikatoren bzw. Kennzahlen für die Wahl des Energiesystems sind. Hierbei stehen oft einerseits die Umweltfaktoren im Gegensatz zu den Investitionskosten, da eine umweltfreundliche Anlage meist höhere Anschaffungskosten aufweist, als eine Anlage, welche mit fossilen Brennstoffen betrieben wird. Diese Diplomarbeit soll sich nun speziell mit dem Bereich Wohnbau auseinandersetzen, da hierbei der wichtigste Indikator für die Auswahl des Energiesystems die Investitionskosten sind. Dennoch findet auch gerade in diesem Bereich ein Umdenken statt, denn die Wohnbauträger müssen sich den Wünschen ihrer Kunden anpassen, und diese fordern immer vermehrt ein Wohnhaus, welches mindestens den Standards eines Niedrigenergiehauses entspricht. Auch beim Verkauf einer Wohnanlage hat sich gezeigt, dass Wohnhäuser mit einem alternativen Energiesystem zum Beispiel einer Solaranlage, oder einer Pelletsanlage für den Kunden interessanter sind, da für viele beim Kauf einer Wohnung auch die Nachhaltigkeit eine wichtige Rolle spielt. Dies ist auch in dem Interesse der Wohnbauträger, denn damit diese für den Bau der Wohnanlage eine Wohnbauförderung vom Bund erhalten, ist ein alternatives Energiesystem notwendig. Dies wurde auch in der Tiroler Bauordnung festgehalten, den gemäß § 24 Abs. 3 2. Satz:

*„Bei Neubauten von Gebäuden ist in den Planunterlagen weiters die technische, ökologische und wirtschaftliche Realisierbarkeit des Einsatzes von hocheffizienten alternativen Systemen darzulegen, soweit solche verfügbar sind.“<sup>1</sup>*

## 1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit soll es sein zu überprüfen, welches Energieversorgungssystem für eine Wohnanlage am besten geeignet ist. Dabei liegt das Hauptaugenmerk bei der ersten Betrachtung auf den Investitionskosten, da diese die wichtigste Kennzahl für die Wohnbauträger sind. Im zweiten Schritt werden dann die Betriebskosten in die

---

<sup>1</sup> <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung> (23.08.2014)

Berechnung mitberücksichtigt, damit ein wirtschaftlicher Vergleich der verschiedenen Energiesysteme erstellt werden kann.

Auf Basis dieser Berechnung soll somit ein Bewertungsverfahren für die Fa. SHP entstehen, welches sie unabhängig von der Größe der Wohnanlage verwenden können. Damit sollen dem Auftraggeber in der Vorplanung bereits erste Kennzahlen und Fakten vorgelegt werden können, welche ihm die Entscheidungsfindung zur Auswahl eines Energiesystems erleichtern soll.

### **1.3 Methodisches Vorgehen**

Dieses Schriftstück ist so aufgebaut, dass es zuerst die wichtigsten Begrifflichkeiten und Thematiken erläutert, welche notwendig sind für das spätere Verständnis der Berechnungen und Analysen. Daher werden in dem nachfolgenden Kapitel die allgemeinen Begrifflichkeiten, und das gewählte Bauvorhaben näher definiert und beschrieben. Denn für den weiteren Verlauf der Arbeit ist es wichtig zu verstehen, welche Arten von Energiesystemen es gibt und was deren Vor- und Nachteile sind.

Auf dieser Basis aufbauend werden dann in den folgenden Kapitel die Bewertungsverfahren näher analysiert und die passenden Bewertungsverfahren sowohl quantitativ, als auch qualitativ für dieses Projekt ausgewählt. Anschließend folgt der praktische Part dieser Arbeit, indem die verschiedenen Energiesysteme miteinander verglichen werden.

Zum Schluss erfolgt dann noch eine Ergebnisanalyse, daraus resultierend eine Empfehlung des ausgewählten Energiesystems an den Auftraggeber. Den Abschluss bilden dann die Maßnahmen und Konsequenzen, welche die Fa. SHP auf Grund dieser Arbeit treffen.



## **2 Allgemeine Begrifflichkeiten und Grundvoraussetzungen**

### **2.1 Ingenieurbüro SHP GmbH**

#### Firmengeschichte SHP

SHP steht für Stiefmüller Hohenauer & Partner GmbH und hat ihren Standpunkt in Kundl. Die Firma ist bereits seit mehr als 20 Jahren erfolgreich im Bereich Beratung, Planung, Überwachung und Optimierung für komplette Gebäude- und Versorgungstechnik auf dem internationalen Markt tätig. Ihre Kernkompetenzen liegen dabei auf dem Bereich der erneuerbare Energien.<sup>2</sup>

Die Geschäftsführung des Unternehmens wird von zwei Personen gleichzeitig geführt, nämlich Herrn Robert Stiefmüller und Herrn Andreas Hohenauer. Das Unternehmen wurde 1993 von Herrn Robert Stiefmüller gegründet, und drei Jahre später ging er eine Kooperation mit Herrn Hohenauer Andreas ein, wonach nun der Name des Unternehmens benannt wurde. Seit nun mehr als zwei Jahren bietet die Fa. SHP auch ganzheitliche TGA – Planungen im Bereich der Haustechnik, und Elektrotechnik an. Derzeit besteht das Team aus ca. 16 Mitarbeitern aus den Abteilungen Administration und Technik, wobei der Großteil als Techniker beschäftigt sind.

#### Portfolio und Aufgabenbereiche

Wie bereits beschrieben bietet die Fa. SHP eine ganzheitliche TGA – Planung an und ist daher in folgenden Fachbereichen tätig:

---

<sup>2</sup> Vgl. [www.shp.at](http://www.shp.at) (23.08.2014)

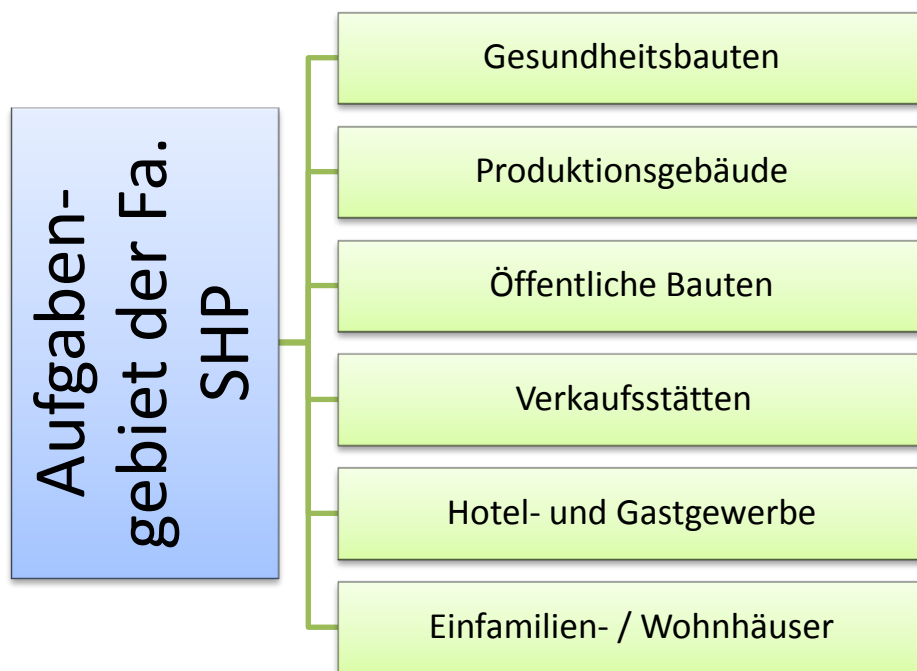
Abb. 1: Fachbereiche der Fa. SHP



Quelle: Eigene Darstellung nach Werbefolder SHP

In diesen Bereichen stellt das Unternehmen ganzheitliche Planung auf höchstem Niveau für ihre Kunden bereit. Da die Fa. SHP international tätig ist, und sehr unterschiedliche Projekte betreut, lassen sich die Bereich grob folgendermaßen unterteilen:

Abb. 2: Aufgabengebiet der Fa. SHP



Quelle: Eigene Darstellung nach [www.shp.at](http://www.shp.at) (23.08.2014)

## 2.2 Bauvorhaben: NHT – Wohnanlage mit 56 Wohnungen

### Die Neue Heimat Tirol:

Die neue Heimat Tirol, welche 1939 gegründet wurde, zählt zu den führenden Wohnbauträgern in Westösterreich. Die NHT bietet ihre Dienstleistungen allen Tiroler Gemeinden und Institutionen an. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf kostenorientierter Architektur, hoher Wohnqualität, und verstärkter Umweltorientierung gelegt. Eine besondere Rücksicht wird dabei auf die Familien, sozial Schwächeren und älteren Mitbürger genommen. Die neue Heimat Tirol befindet sich derzeit im Eigentum je zur Hälfte des Landes Tirol und der Stadt Innsbruck. Sie ist dabei einer der größten Hausverwalter und führend im Sanieren und Erhalten von Wohngebäuden, sowie im Verbessern der Wohnqualität.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Vgl. <http://www.neueheimattiroil.at/> (23.08.2014)

### Bauvorhaben:

In der Marktgemeinde Kundl wird beim Riedmannareal eine neue Wohnanlage bestehend aus 56 Wohnungen errichtet. Da die NHT bei ihren Wohnobjekten nicht nur ihre Kriterien auf die Baukosten festlegt, sondern auch großen Wert auf Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit legt, werden die Wohngebäude nach dem Passivhausstandards errichtet. Dabei lässt sich der Begriff Passivhaus wie folgt definieren:

*„Der Begriff „Passivhaus“ beschreibt ein Konzept für höchste Energieeffizienz und Wohnqualität bei niedrigen Energiekosten.“<sup>4</sup>*

Durch diesen bereits sehr umweltorientierten Gedanken ist es nun umso wichtiger für dieses Wohnobjekt das passende erneuerbare Energiesystem zu finden, damit es zu einem Synergieeffekt zu dem Passivhaus führt.

Abb. 3:        Darstellung der Wohnanlage



Quelle: [www.shp.at](http://www.shp.at) (23.08.2014)

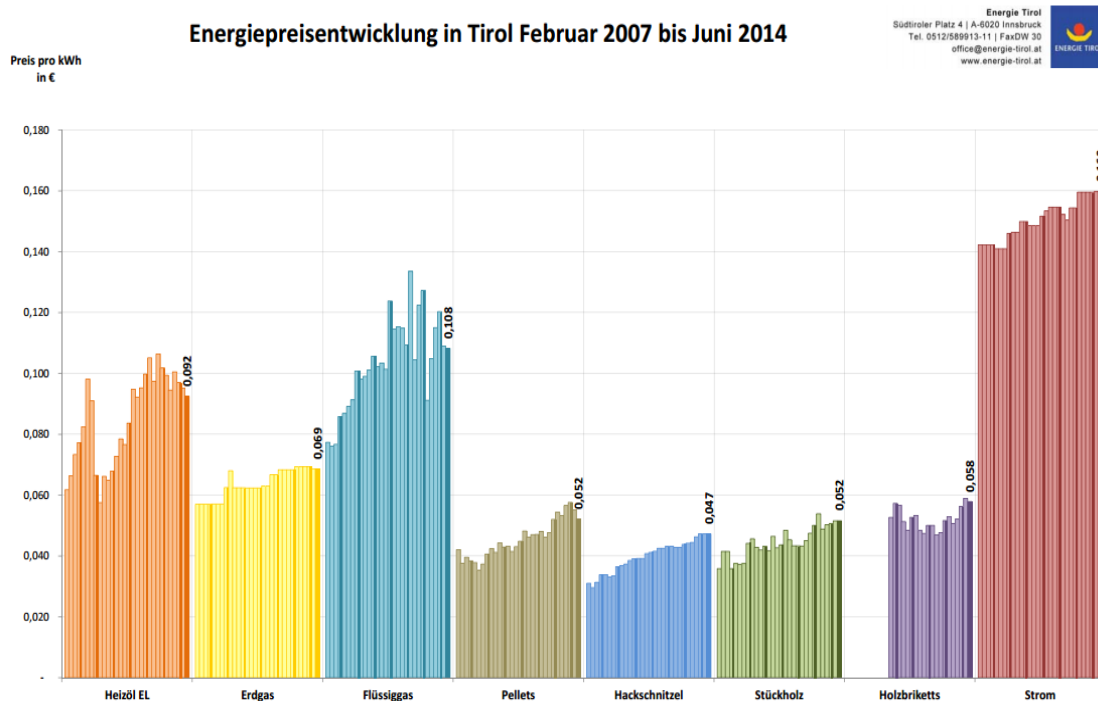
---

<sup>4</sup> Schuck (2007), S. 9

## 2.3 Gegenüberstellung der relevanten Energiesysteme

In dem folgenden Abschnitt werden die Energiesysteme kurz erläutert, und ihre Vor- und Nachteile analysiert. Doch betrachten wir vorher die Preisentwicklung der verschiedenen Rohstoffe:

Abb. 4: Energiepreisentwicklung in Tirol Februar 2007 bis Juni 2014



Quelle: [www.energie-tirol.at](http://www.energie-tirol.at) (23.08.2014)

Aus dieser Übersicht lässt sich nun schon feststellen, dass es einen stetigen Preisanstieg in den letzten sieben Jahren gegeben hat.

Werden nun die derzeitigen Rohstoff- bzw. Energiepreise miteinander verglichen ergibt sich folgendes Ergebnis:

**Tab. 1:** Vergleich der verschiedenen Energiepreise in Tirol

Rohstoff	Preis pro kWh	Differenz zum günstigen Rohstoff
Heizöl EL	0,092 €	0,04 €
Erdgas	0,069 €	0,017€
Pellets	0,052 €	-
Strom	0,16 €	0,108 €
Fernwärme	0,081 €	0,029 €

Quelle: Eigene Darstellung nach [www.energie-tirol.at](http://www.energie-tirol.at) (23.08.2014)

Diese Preisdifferenzen an sich scheinen vielleicht auf den ersten Blick nicht sehr Aussagekräftig zu sein, da sich die Preisdifferenzen im Cent Bereich bewegen, aber anhand eines Beispiels eines Niedrigenergiehauses lassen sich sofort die steigenden Preisunterschiede erkennen:

Beispiel Einfamilien - Niedrigenergiehaus:

Ein Niedrigenergiehaus hat einen Jahres-Heizenergieverbrauch von ca. 70 kWh/m<sup>2</sup> im Jahr. <sup>5</sup> Bei einer Durchschnittsgröße von ca. 150m<sup>2</sup> würden sich nun folgende jährliche Betriebskosten ergeben:

**Tab. 2:** Vergleich der Betriebskosten bei einem Einfamilienhaus mit 150m<sup>2</sup>

Rohstoff	Preis pro kWh	Jährliche Betriebskosten bei 70 kWh/m <sup>2</sup> a und 150m <sup>2</sup>	Differenz zum günstigen Rohstoff
Heizöl EL	0,092 €	966 €	420 €
Erdgas	0,069 €	724,5 €	178,50 €
Pellets	0,052 €	546 €	-
Strom	0,16 €	1680 €	1134 €
Fernwärme	0,081 €	850,5 €	304,5 €

Quelle: Eigene Darstellung nach [www.energie-tirol.at](http://www.energie-tirol.at) (23.08.2014)

<sup>5</sup> Vgl. Lübke (2007), S. 93

Anhand dieses Beispiels lässt sich nun erkennen, dass bereits bei der Wahl des Energiesystems jährlich Einsparungen von bis zu 420€ (Vergleich von Pellets zu Heizöl EL) möglich sind.

*Anmerkung:* Der Vergleich von Pellets zu Strom wurde in diesem Beispiel deswegen nicht herangezogen, da eine alleinige Stromheizung nicht mehr als Stand der Technik angesehen wird, und nur in sehr speziellen Fälle noch zur Anwendung kommt. Der Strompreis wurde in diesem Beispiel lediglich angeführt, da er für die spätere Berechnung der Wärmeenergie für die Wärmepumpe notwendig ist.

#### Fernwärme:

Die Fernwärmeversorgung in diesem Projekt erfolgt über eine Biomasseanlage der Gemeinde Kundl, welche 1995 errichtet worden ist, und bisher über 475 Objekte angeschlossen hat.<sup>6</sup> Bei einer Fernwärmanlage erfolgt die Energieerzeugung immer „dezentral“, sprich wie in diesem Fall von der Biomasseanlage in Kundl. Durch erdverlegte Rohrleitungen, dem sogenannten Fernwärmenetz, wird dann die Heizenergie zu den einzelnen Haushalten gebracht. Dort wird die Energie mittels einer Fernwärmestation aufbereitet, und entsprechend den Kundenbedürfnissen angepasst. Die geringen Investitionskosten, und die einfache Anschaffung bzw. der geringe Platzbedarf der Fernwärme machen diese immer zu einer lukrativen Lösung für jeden Wohnbauträger.

In der nachfolgenden Tabelle sind nochmals die Vor- und Nachteile einer Fernwärmanlage aufgelistet:

Tab. 3: Vor- und Nachteile der Fernwärme

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Kein Kamin notwendig (Einsparung von Investitionskosten + Wartungskosten)</li><li>• Kein Platz für einen Öltank, oder Pelletslagerraum notwendig</li><li>• Fernwärme aus Biomasse - umweltschonend</li><li>• Geringe Investitionskosten</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Betriebskosten sind im Vergleich zu anderen alternativen Energien etwas teurer</li><li>• Nicht überall Fernwärmenetz vorhanden</li></ul>

<sup>6</sup> Vgl. <http://www.vivomondo.com/de/rathaus/kundl> (23.08.2014)

- (lediglich die Anschlussgebühr)
- Geringe Wartungskosten

Quelle: Eigene Darstellung nach Bergdolt (2009), S.90

#### Pelletsanlage:

Bei einer Pelletsanlage werden die Pellets von dem nahegelegenen Lagerraum mittels eines Saugsystems, oder einer Förderschnecke zum Heizkessel transportiert und dort zur Verbrennung gebracht. Die dadurch freigesetzte Energie wird genutzt um das Heizungswasser entsprechend zu temperieren, meist auf bis zu 70°C, und dieses gibt die Energie an die verschiedenen Wärmeverbraucher wie zum Beispiel die Heizkörper in der Wohnung ab. In der nachstehenden Tabelle werden nochmals die Vor- und Nachteile einer Pelletsanlage festgehalten:

Tab. 4: Vor- und Nachteile der Pelletsanlage

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub> Neutral – Pellets werden vergleichsweise zu anderen fossilen Brennstoffen als nahezu CO<sub>2</sub> neutral betrachtet</li> <li>• Nachhaltigkeit, Holz ist ein nachwachsender Brennstoff</li> <li>• Geringe Betriebskosten</li> <li>• Geringe Wartungskosten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ständige Ascheentleerung notwendig (wartungsintensiver)</li> <li>• Höhere Investitionskosten, als bei Gas-oder Ölanlagen</li> <li>• Kamin notwendig</li> <li>• Pelletslagerraum wird benötigt</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung nach Wosnitza (2012), S.105

#### Gasanlage mit Solarunterstützung:

Prinzipiell wäre eine Gasanlage für sich alleine gesehen das günstigste Heizsystem, da lediglich eine Gastherme, ein Kamin, und die Heizungsverteilung notwendig sind. Da jedoch eine Gasanlage für sich alleine gesehen kein alternatives Energiesystem darstellt, wird dieses mit einer Solaranlage kombiniert. Diese unterstützt das Heizungs-



system vor allem bei der Warmwasserbereitung, hierbei kann es den Warmwasserverbrauch fast bis zu 100% abdecken. Auch bei der Heizungsunterstützung hängt es von der Größe der Solaranlage ab, aber auch hierbei ist eine 30-40% Heizungsunterstützung möglich, um somit die Betriebskosten zu senken.

Tab. 5: Vor- und Nachteile der Gasanlage mit Solarunterstützung

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltschonender Betrieb im Sommer, da der Warmwasserverbrauch von der Solaranlage gedeckt wird.</li> <li>• Nachhaltigkeit – Nutzung von solarer Energie</li> <li>• Geringe Betriebskosten durch die Solarunterstützung</li> <li>• Kein Platz für einen Öltank, oder Pelletslagerraum notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Investitionskosten auf Grund der Solaranlage</li> <li>• Gute Einregulierung bzw. Betreuung der Anlage notwendig</li> <li>• Kamin notwendig</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung

#### Wärmepumpe:

Die Wärmepumpe ist eine Anlage, welche die Wärme von einer niedrigeren Temperatur in Wärme einer höheren Temperatur umwandelt, und dazu wird die Hilfe von einer sogenannten Zusatzenergie benötigt. Dabei kann die Wärmepumpe verschiedenste Wärmequellen nutzen, wie zum Beispiel:

- Grundwasser
- Erdreich
- Außenluft<sup>7</sup>

Dabei ist das größte Problem einer Wärmepumpe, dass sie zwar das Grundwasser, welches eine durchschnittliche Temperatur von ca. 8°C aufweist, nutzen kann um damit eine Heizungswassertemperatur von ca. 35 – 40°C zu erzeugen, doch desto höher die Heizungswassertemperatur sein soll, desto schlechter wird der

<sup>7</sup> Vgl. Weglage (2009), S. 146

Wirkungsgrad der Wärmepumpe, da immer mehr Hilfsenergie (Strom) benötigt wird. Dadurch eignet sich eine Wärmepumpe nur für jene Projekte, bei denen auch ein niedriges Temperatursystem möglich ist. Anbei werden nun nochmals detailliert die Vor- und Nachteile einer Wärmepumpe aufgelistet:

Tab. 6: Vor- und Nachteile einer Wärmepumpe

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltschonender bzw. nachhaltiger Betrieb, da erneuerbare Energien genutzt werden wie z.B. Luft, Grundwasser</li> <li>• Geringe Betriebskosten - lediglich Strom als Hilfsenergie</li> <li>• Kein Kamin notwendig</li> <li>• Kein Platz für einen Öltank, oder Pelletslagerraum notwendig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sehr hohe Investitionskosten, durch die Erstellung von Grundwasserbrunnen, oder Erdkollektoren</li> <li>• Teilweise sind Bewilligungen und Einreichungen beim Bund notwendig z.B. bei der Grundwassernutzung</li> <li>• Nicht immer ist eine Wärmepumpe möglich aufgrund des hohen Platzbedarfs für notwendigen Wärmequellen</li> </ul>

Quelle: Eigene Darstellung

## 2.4 Umweltrelevanz

### Globale Erwärmung:

Unter der globalen Erwärmung wird die Erwärmung der globalen Mitteltemperatur der Erde verstanden. Die Ursache für diese Erwärmung wird im anthropogenen Treibhauseffekt gesehen.<sup>8</sup>

Beim natürlichen Treibhauseffekt absorbieren die bereits vorhandenen Treibhausgase die von der Erde abgestrahlte Wärmestrahlung in der Atmosphäre und strahlen diese wieder zurück auf die Erdoberfläche. Sprich von der bereits vorhanden solaren Strahlung kommen noch die von den Treibhausgasen abgestrahlte Wärmestrahlung hinzu, was zu einer natürlichen Erderwärmung führt. Dies nennt man den natürlichen Treibhauseffekt, und ohne diesen wäre ein Leben auf der Erde auch nicht möglich, da durch diesen Effekt die mittlere Temperatur der Erdoberfläche von  $-18^{\circ}\text{C}$  auf  $+15^{\circ}\text{C}$  erwärmt wird.<sup>9</sup>

Bei dem sogenannten anthropogenen Treibhauseffekt, welcher trivial als Treibhauseffekt deklariert wird, handelt es sich also um eine Verstärkung des bereits natürlichen Treibhauseffektes, durch die Erhöhung der Treibhausgase wie z.B. Kohlendioxid, oder die Beeinflussung durch die Emittierung von neuen Gasen wie z.B. Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW).<sup>10</sup>

Der Treibhauseffekt wird hauptsächlich durch Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Methan ( $\text{CH}_4$ ), Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW), Troposphärisches Ozon ( $\text{O}_3$ ), sowie Distickstoffmonoxid ( $\text{N}_2\text{O}$ ) verursacht, wobei mit einem Anteil von ca. 60% das Kohlendioxid den bedeutendsten Anteil hat.<sup>11</sup>

---

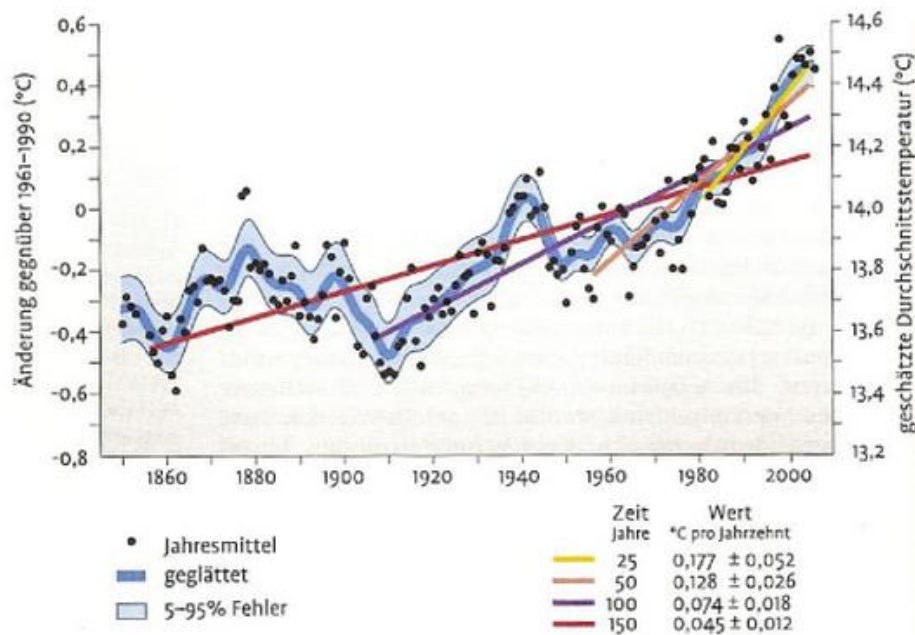
<sup>8</sup> Vgl. Kleinau (2013), S. 18

<sup>9</sup> Vgl. Ebenda, S. 18

<sup>10</sup> Vgl. Ebenda, S. 18

<sup>11</sup> Vgl. Ebenda, S. 18f

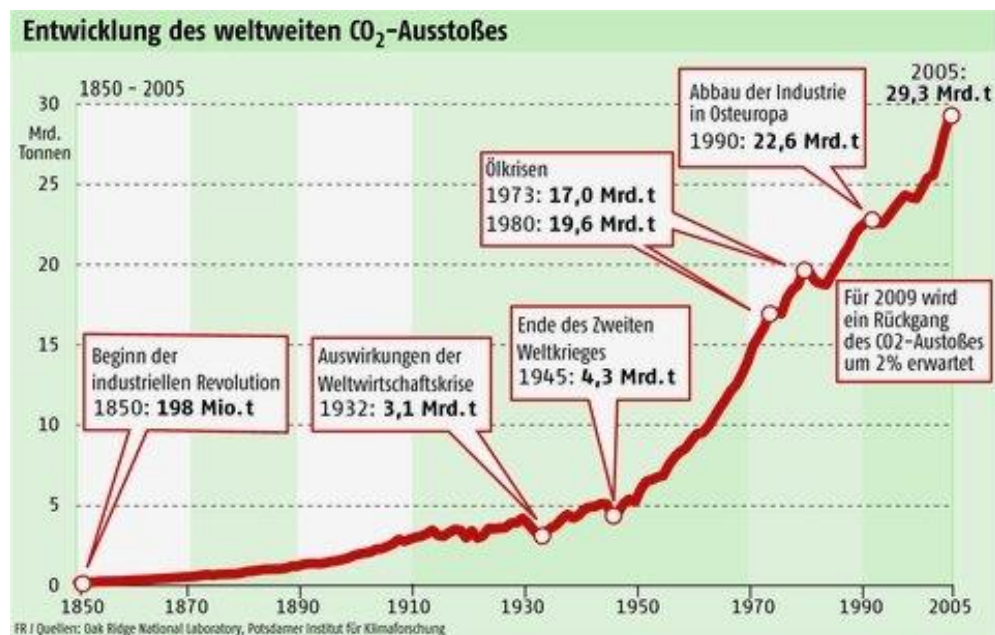
Abb. 5: Die globale mittlere Oberflächentemperatur der Erde seit 1850



Quelle: Kleinau (2013), S. 18

Wie sich anhand der oben gezeigten Abbildung erkennen lässt, ist seit Beginn der 1850er Jahre die Oberflächentemperatur der Erde stetig gestiegen, wenn man dies nun mit dem CO<sub>2</sub> Ausstoß seit den 1850er Jahren vergleicht, lässt sich ein deutlicher Trend erkennen.

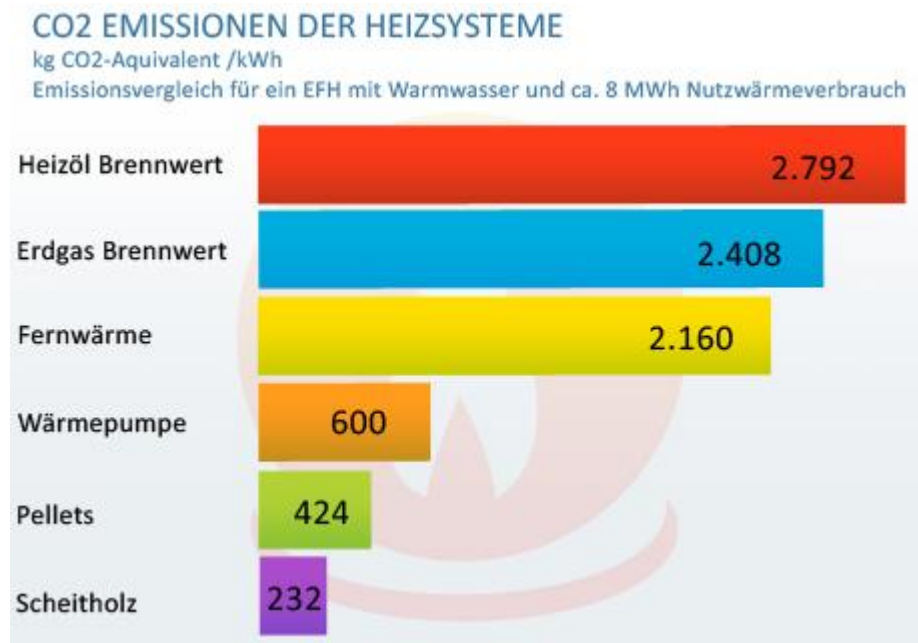
Abb. 6: Entwicklung des weltweiten CO<sub>2</sub> – Ausstoßes seit 1850



Quelle: <http://www.fr-online.de/klimawandel/> (23.08.2014)

Da nun die Bedeutung des CO<sub>2</sub> Ausstoßes in Zusammenhang mit der steigenden Oberflächentemperatur, sowie dem Treibhauseffekt geklärt wurde, lässt sich nun auch anhand der folgenden Abbildung erkennen wie wichtig alternative bzw. erneuerbare Energiesysteme für unsere Umwelt sind.

Abb. 7: CO<sub>2</sub> Emissionen der Heizsysteme



Quelle: <http://www.meineheizung.de/> (23.08.2014)

Anhand dieser Abbildung lässt sich erkennen, dass fossile Brennstoffe einen weitaus höhere CO<sub>2</sub> Emission aufweisen, als erneuerbare Energien wie Pellets, Holz oder Wärmepumpen, welche meistens Grundwasser, das Erdreich, oder Luft als Wärmequellen nutzen.

## 2.5 Anforderungen an die Haustechnik

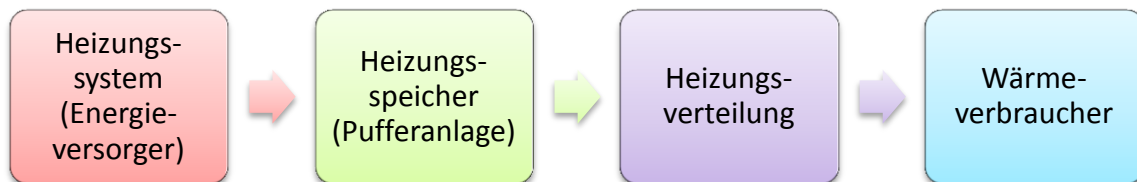
Bevor nun in den nachfolgenden Kapitel die Bewertungsverfahren vorgestellt und miteinander verglichen werden, soll vorher noch definiert werden welche Anforderungen stellt der Bauherr an das Energiesystem.

Prinzipiell ist nach der Tiroler Bauordnung Stand 2011 bei einem Neubau ein alternatives Energiesystem vorzusehen bzw. auf deren technische, ökologische und wirtschaftliche Realisierbarkeit zu prüfen.<sup>12</sup>

Daher ist die erste Grundvoraussetzung, dass es sich um eine erneuerbares Energiesystem handelt, bzw. wenn nicht anders möglich zumindest ein erneuerbares Energiesystem als Unterstützung eingesetzt wird z.B. ein Gaskessel in Kombination mit einer thermischen Solaranlage.

Grundlegend gilt für alle Energiesysteme folgender Aufbau der Haustechnikkomponenten:

Abb. 8: Aufbau eines Heizungssystems



Quelle: Eigene Darstellung

### Heizungssystem:

Da die Wahl des Heizungssystems die Grundlage dieser Arbeit ist wird hierbei nun nicht näher auf dieses eingegangen. Es soll lediglich noch erwähnt werden, dass es für die Versorgung des notwendigen Wärmebedarfs ausreichend auszulegen ist.

### Heizungsspeicher:

Bei den erneuerbaren Energien ist es notwendig einen Teil des Heizungswassers zu speichern, da diese Energiesysteme anders wie Öl, oder Gas, wo die Energie sofort wieder vorhanden ist, nur immer sehr träge produziert werden kann. Daher ist es

<sup>12</sup> Vgl. <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung> (23.08.2014)

notwendig einen Teil der Heizenergie zu speichern, um mit dieser die Spitzenlasten abdecken zu können. Je nach Energiesystem ist eine größere Menge an einer Energiespeicherung notwendig.

#### Heizungsverteilung:

Mittels hydraulischen Ventilen und Pumpen wird das Heizungswasser, und somit auch die Wärmeenergie, von den Wärmespeichern zu den Wärmeverbrauchern transportiert. Dabei sorgen die hydraulischen Ventile dafür, dass nur so viel Wärmeenergie wie notwendig zu den einzelnen Verbrauchern gebracht wird. Dies setzt natürlich eine Einregulierung und Einjustieren der Heizungsanlage voraus.

In diesem konkreten Bauvorhaben wird die Wärmeenergie zu den einzelnen Wohnungsstationen, welche sich in jeder Wohnung befinden, gebracht. Von diesen wird die Wärmeenergie mittels eines Wärmemengenzählers gezählt, damit sie individuell für den Nutzer abgerechnet werden kann.

#### Wärmeverbraucher:

Von den Wohnungsstationen weg wird die Wärmeenergie zu den Wärmeverbrauchern transportiert. Die geläufigsten Wärmeverbraucher im Wohnbau sind:

- Heizkörper
- Fußbodenheizung
- Wandheizung

Bei diesem Bauprojekt setzt der Wohnbauträger auf Heizkörper. Diese haben den Vorteil, dass sie am schnellsten auf witterungsabhängige Veränderungen reagieren können. Im Gegensatz zu einer Fußbodenheizung, bei der eine Temperaturänderung bis zu 2-3h dauern kann, reagiert ein Heizkörper bereits in bis zu 10-15 min.

Eine Besonderheit bei einem Wohnbau mit Passivhausstandard ist, dass er neben dem bereits erwähnten Heizungssystem zusätzlich noch eine Wohnraumlüftung benötigt. Diese ist deshalb notwendig, da es sich hierbei um ein so dichtes, und energieeffizientes Gebäude handelt, dass eine reine Fensterlüftung schon eine Energieverschwendung darstellen würde. Daher wird durch die Wohnraumlüftung die kalte Außenluft mittels eines elektrischen Vorheizregisters vorgewärmt und mit ca. 22°C in den Raum eingebracht. Dabei wird auch noch die warme Raumlüftung genutzt um mittels eines Plattentauschers die kalte Außenluft nochmals zu erwärmen. Da jedoch die Wohnraumlüftung unabhängig von der Wahl des Energiesystems ist, wird in dieser Arbeit nicht näher auf dieses System eingegangen.

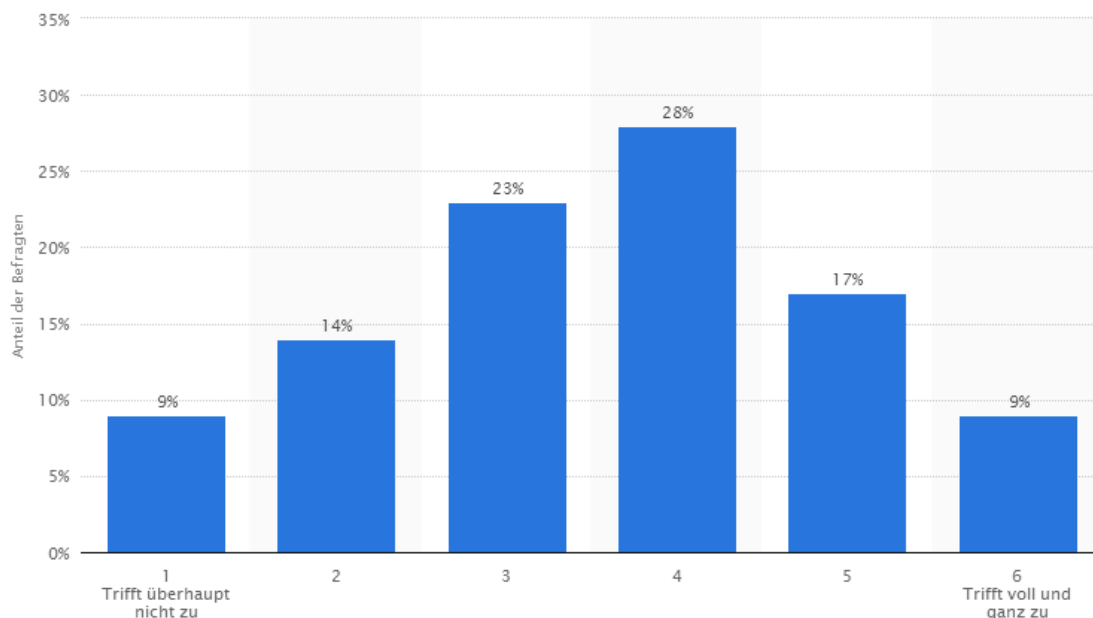
# 3 Bewertungsverfahren für den Vergleich der Energiesysteme

## 3.1 Entscheidungsfindung

Bevor nun die beiden grundsätzlichen Verfahren näher erläutert werden, sollte vorher noch geklärt werden, wie werden Entscheidungen eigentlich getroffen und wovon sind diese abhängig?

Abb. 9: Entscheidungen Treffen

**Treffen Sie viele Entscheidungen mehr mit dem Gefühl als mit dem Verstand?**



Quelle: [www.statista.com](http://www.statista.com) (23.08.2014)

Wie anhand der oben angeführten Abbildung ersichtlich, treffen die meisten Menschen ihre Entscheidungen eher aus dem Bauch heraus, als mit dem Verstand. Sprich sie verlassen sich dabei auf Erfahrungen, oder ihre innere Stimme. Aber was ist nun die Basis einer Entscheidung?

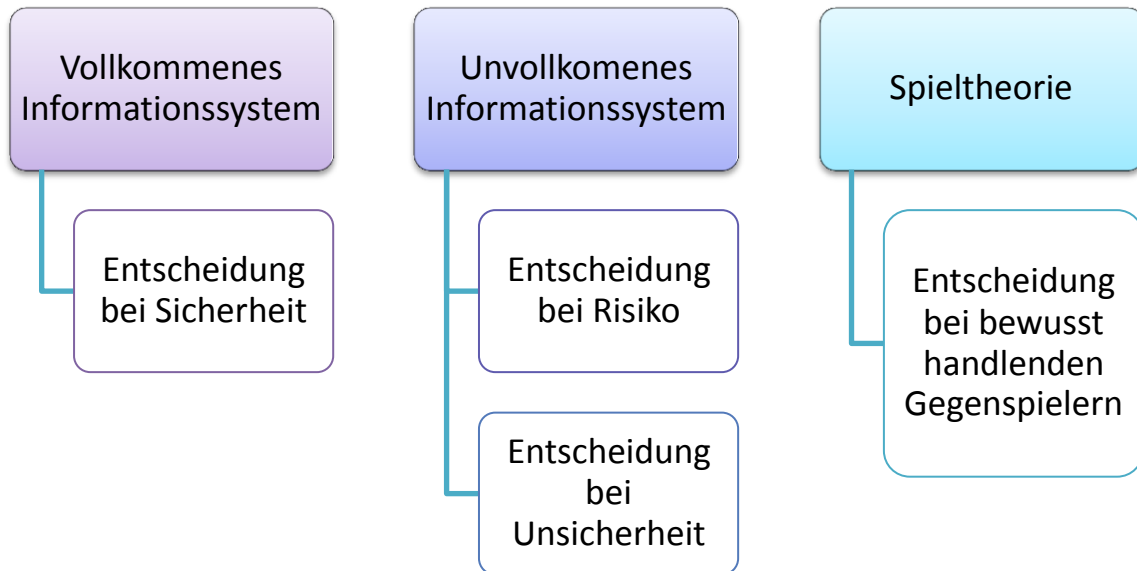
Grundsätzlich besteht eine Entscheidung aus einer Auswahl von mehreren Alternativen.<sup>13</sup> In unserem Projekt würde dies nun die Entscheidung des Energieversorgungssystems sein. Doch meistens hängen die Entscheidungen davon ab, ob man die Handlungsalternativen miteinander vergleichen kann, bzw. ob die

<sup>13</sup> Vgl. Stelling (2008), S. 318



notwendigen Informationen für das treffen einer Entscheidung vorhanden sind. Den vielleicht gib es noch unvorhersehbare Risiken oder unvorhersehbare Einflüsse wie z.B. gesetzliche Änderungen, oder Steueranpassungen.

Abb. 10: Möglichkeiten der Entscheidungsfindung



Quelle: Eigene Darstellung nach Jung (2011), S. 333

Bei einer Entscheidung unter Sicherheit sind mehrere Handlungsmöglichkeiten vorhanden, und die Umweltbedingungen sind zu 100% bekannt.<sup>14</sup>

Im Gegensatz zu einer Entscheidung unter Sicherheit gibt es Entscheidungssituationen unter Unsicherheit, dabei sind die Umweltzustände nicht mehr bekannt bzw. können vom Entscheidungsträger nicht mehr beeinflusst werden.<sup>15</sup>

Bei einer Entscheidung unter Risiko sind die Eintrittswahrscheinlichkeiten bekannt, wobei der Begriff Risiko sowohl die Gewinn-, als auch die Verlustmöglichkeiten umfasst.<sup>16</sup>

Bei der Spieltheorie wird angenommen, dass die Zustände der Welt die Handlungsmöglichkeiten rationaler Gegenspieler sind.<sup>17</sup>

<sup>14</sup> Vgl. Jung (2011), S. 333

<sup>15</sup> Vgl. Ebenda, S. 333

<sup>16</sup> Vgl. Stelling (2008) S. 319

<sup>17</sup> Vgl. Ebenda, S. 319

## 3.2 Bewertungsverfahren

Zur Entscheidungsfindung stehen grundsätzlich zwei Bewertungsverfahren zur Verfügung. Einerseits das quantitative Bewertungsverfahren und andererseits das qualitative Bewertungsverfahren.

### Quantitative Bewertungsverfahren:

Bei diesem Bewertungsverfahren ist die Bewertung der Alternativen dann eindeutig, wenn dabei ausschließlich messbare finanzielle Unterschiede bewertet werden, und der Nutzen dabei jedoch immer derselbe ist. Das Einsatzgebiet der quantitativen Bewertungsmethoden ist die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit diverser Lösungsvarianten und der damit verbunden Investitionen. Das Bewertungsverfahren eignet sich dann, wenn mehrere Alternativen mit einer Sollkonzeption zur Auswahl stehen, oder mehrere Alternativen mit einem Istzustand verglichen werden. Die Voraussetzung für die Anwendung des quantitativen Bewertungsverfahrens ist das die finanziellen Daten zu den einzelnen Alternativen möglichst exakt erfasst werden können, und die Alternativen innerhalb ihres Systems miteinander homogen sind.<sup>18</sup>

In der nachfolgenden Tabelle ist eine Übersicht der quantitativen Bewertungsverfahren aufgelistet:

Tab. 7: Übersicht der quantitativen Bewertungsverfahren

	Statische	Dynamische
	Bewertungsverfahren	Bewertungsverfahren
Verfahren	• Kostenvergleichsrechnung	• Kapitalwertmethode
	• Gewinnvergleichsrechnung	• Endwertmethode
	• Rentabilitätsrechnung	• Interner Zinssatzmethode
	• Amortisationsrechnung	• Annuitätenmethode
		• MAPI - Methode

<sup>18</sup> Vgl. Koch (2011), S. 95f

<b>Vorteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ geringer Informationsbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Durchschnittsbetrachtung wie bei den statischen Verfahren, sondern Ein- und Auszahlungen während der gesamten Nutzungsdauer</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache, Rechenmethode</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der unterschiedliche zeitliche Anfall von Ein- und Auszahlungen wird durch Auf- oder Abzinsung berücksichtigt</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Am häufigsten verwendet in der Praxis</li> </ul>	
<b>Nachteile</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Berücksichtigung des zeitlichen Aspektes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoher Informationsaufwand aufgrund periodengerechter Zuordnung der Zahlungen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Starke Vereinfachung des wahren Sachverhaltes, da mit Durchschnittswerten gerechnet wird.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daten in der Zukunft müssen prognostiziert werden (unsicher)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Aufteilung in fixe und variable Kosten</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zurechnung von Gewinnen zu einzelnen Objekten schwierig</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keine Berücksichtigung von Kosten- und Erlös-entwicklungen</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unternehmensumfeld bleibt unberücksichtigt</li> </ul>	

Quelle: Eigene Darstellung nach Koch (2011), S. 96

### Qualitative Bewertungsverfahren:

Qualitative Bewertungsmethoden werden dann angewendet, wenn monetäre Aspekte wie zum Beispiel Qualität, oder Sicherheit in die Bewertung der verschiedenen Alternativen mit einfließen sollen.<sup>19</sup>

Häufig erfolgt bei der qualitativen Bewertungsmethode eine Gewichtung von festgelegten Faktoren bzw. Kriterien, um somit eine Reihung der einzelnen Alternativen zu erreichen. Die am häufigsten verwendete Methode im qualitativen Bereich ist die Nutzwertanalyse, welche auch in dieser Arbeit angewendet wird.

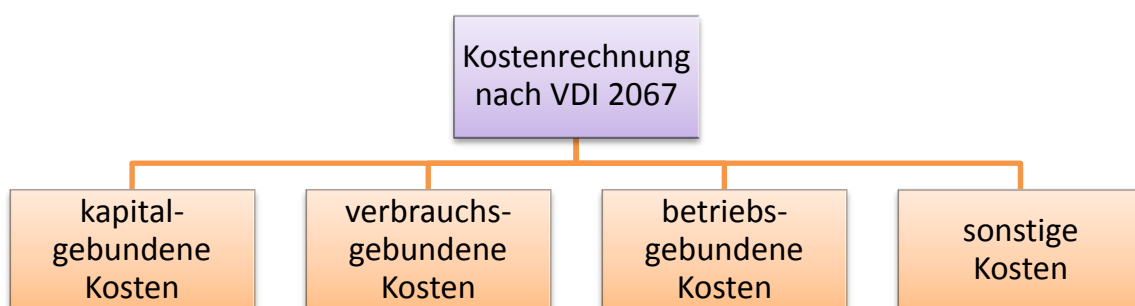
## **3.3 Quantitatives Bewertungsverfahren: Nach VDI 2067**

Die Berechnung des quantitativen Bewertungsverfahrens erfolgt in dieser Arbeit nach der VDI 2067. Die VDI 2067 ist eine Richtlinie für Planer, Ersteller und Betreiber von Wärmeversorgungsanlage. Durch die VDI soll eine einheitliche und sichere Basis für eine Wirtschaftlichkeitsberechnung im Bereich der TGA – Planung gegeben sein. Ziel der VDI ist es, dass ein einheitliches Regelwerk geschaffen wird, mit dem die Planer die Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchführen, und somit die Bewertungsverfahren untereinander vergleichbar sind.<sup>20</sup>

Die VDI ist dabei gültig für alle Gebäudearten, und ist daher für den Wohnbau anwendbar.<sup>21</sup>

Dabei werden die Kosten nach der VDI in vier Kostengruppen unterteilt:

Abb. 11: Kostenrechnung nach VDI 2067



Quelle: Eigene Darstellung nach Krimmling (2013), S. 29

<sup>19</sup> Vgl. Koch (2011), S. 97

<sup>20</sup> Vgl. <http://www.energie-geretsried.de> (23.08.2014)

<sup>21</sup> Vgl. VDI 2067 (2012), S. 3

## Kapitalgebunden Kosten

In den kapitalgebunden Kosten werden sämtliche Kosten berücksichtigt die für die Instandhaltung und den Kapitaldienst (auf die Nutzungszeit umgelegte Investitionskosten einschließlich Verzinsung) zugewiesen werden können.<sup>22</sup>

Diese beinhalten unter anderem:

- Bauliche Anlagen, wie Pelletslagerräume, oder die Errichtung von Grundwasserbrunnen (Wärmequellen für Wärmepumpen)
- Kamine
- Anschlusskosten (Fernwärme, Gas)
- Wärmeerzeuger mit Zubehör (Kesselanlagen, Fernwärmeübergabestationen)
- Wärmeverteilung wie z.B. Verteiler, Pumpen, hydraulische Ventile, Rohrleitungen
- Warmwasserspeicher bzw. Wärmespeicher<sup>23</sup>

### Abb. 12: Berechnung Kapitalgebundene Kosten

$$K_A = I_0 * (a + f_{INST})$$

$K_A$ ...Kapitalgebundene Kosten

$I_0$ ...Investitionskosten

$a$ ... Annuitätsfaktor

$f_{INST}$ ...Faktor Instandhaltungskosten

Quelle: Krimmling (2013), S. 30

### Abb. 13: Berechnung Annuitätsfaktor

$$a(i, n) = \frac{(1 + i)^n * i}{(1 + i)^n - 1}$$

$a$ ... Annuitätsfaktor

$i$ ... Zinssatz

$n$ ... Laufzeit

Quelle: Eigene Darstellung nach <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/> (24.08.2014)

---

<sup>22</sup> Vgl. Krimmling(2013), S.30

<sup>23</sup> Vgl. <http://www.energie-geretsried.de> (23.08.2014)

## Verbrauchsgebundene Kosten

Hierbei werden alle Kosten miteinkalkuliert, welche für die Energie, den Brennstoff oder sonstigen Hilfsstoffen zugeordnet werden können.<sup>24</sup>

Hierzu zählen also:

- Brennstoffe (Gas, Fernwärme, Strom, Pellets etc.)
- Hilfsenergie (Strom für Pumpen, Regelungstechnik etc.)

Abb. 14: Berechnung Verbrauchsgebundene Stoffe

$$K_B = \sum_i (Q_{Prim,i} * k_{Prim,i}) + \sum_j (Q_{Hilfs,j} * k_{Hilfs,j})$$

$K_B$ ... Verbrauchsgebundene Kosten

$Q_{Prim,i}$ ... Primärenergieverbrauch Komponente i (Erdgas, Heizöl, Fernwärme)

$k_{Prim,i}$ ... Primärenergiepreis der Komponente i

$Q_{Hilfs,j}$ ... Hilfsenergieverbrauch der Komponente j

$k_{Hilfs,j}$ ... Preis für Hilfsenergie Komponente j

Quelle: Eigene Darstellung Krimmling (2013), S. 30

## Betriebsgebundene Kosten

Hierbei werden Kosten berücksichtigt, die mit dem Betrieb der Heizungsanlage direkt im Zusammenhang stehen:

- Wartung
- Reparatur
- Inspektion, Kundendienst
- Betätigung
- Instandhaltung<sup>25</sup>

---

<sup>24</sup> Vgl. Krimmling(2013), S.30

<sup>25</sup> Vgl. <http://www.energie-geretsried.de> (23.08.2014)

## Sonstige Kosten

Zu den sonstigen Kosten werden berücksichtigt:

- Kosten für Versicherungen
- Verwaltungskosten
- Kosten für Verbrauchsmessungen<sup>26</sup>

### Abb. 15:                      Kosten für Versicherungen

$$K_{Vers} = I_0 * f_{Vers}$$

$K_{Vers}$ ... Kosten für Versicherungen

$I_0$ ... Investitionskosten

$f_{Vers}$ ... Faktor Versicherungen (i.d.R.  $f_{Vers} = 0,005$ )

Quelle: Krimmling (2013), S. 31

### Beispiel für ein Einfamilienhaus anhand der VDI 2067

Familie Müller entschließt sich bei ihrem 150m<sup>2</sup> großen Haus das Heizungssystem zu erneuern. Dabei schwanken sie zwischen der Entscheidung, ob sie sich eher eine günstige Gastherme, oder doch einen umweltschonenden Pelletskessel anschaffen sollen.

#### **Grunddaten:**

Wohnnutzfläche (beheizt):	150m <sup>2</sup>
Gesamtwärmebedarf (Heizung + Warmwasser):	18 kW
Betriebsstunden der Anlage:	1600h/a
Kapitalzinsen:	3%
Energiepreise (nach Tabelle 1):	
Gas:	0,069 € pro kWh
Fernwärme:	0,081 € pro kWh
Pellets:	0,052 € pro kWh

---

<sup>26</sup> Vgl. Krimmling(2013), S.31

## Berechnung:

Tab. 8: Kostenvergleich Fernwärme – Einfamilienhaus nach VDI 2067

Ermittlung der kapitalgebunden Jahreskosten					
Fernwärme	Investitions- kosten I <sub>0</sub> [€]	Nutzungs- dauer n [Jahre]	Annuitäts- faktor a	Faktor Instandhaltungs- kosten f <sub>0</sub>	Kapital- gebundene Kosten K <sub>A</sub> [€]
Anschluß + Übergabestation FW	4.250,00	20	0,0672	0,02	370,67
Mess-, Steuer, Regeleinrichtung	500,00	12	0,1005	0,02	60,23
Wärmeverteilung	2.000,00	15	0,0838	0,02	207,53
Wärmespeicher	3.500,00	15	0,0838	0,02	363,18
Summe Investitionskosten	10.250,00	Summe kapitalgebundene Kosten			1001,61
Ermittlung der verbrauchsgebunden Kosten					
Fernwärme	Primär- energie- verbrauch Q <sub>PRIM</sub> [kWh]	Primär- energie- preis k <sub>PRIM</sub> [€/kWh]	Hilfs- energie- verbrauch Q <sub>HILF</sub> [kWh]	Hilfsenergiepreis k <sub>HILF</sub> [€/kWh]	verbrauchs- gebunden Kosten K <sub>B</sub> [€]
Heizungsverbrauch	18.000,00	0,081	1.000,00	0,16	1618,00
Warmwasserverbrauch	10.800,00	0,081	600,00	0,16	970,80
Summe verbrauchsgebundene Kosten					2588,80
Ermittlung der betriebsebenen Kosten					
Fernwärme	Faktor für Wartung	Faktor für Betätigung			verbrauchs- gebunden Kosten K <sub>B</sub> [€]
Wartung	0,02				205,00
Betätigung		0,015			153,75
Summe betriebsgebundene Kosten					358,75
Ermittlung der sonstigen Kosten					
Fernwärme	Faktor für Verwaltung	Faktor für Ver- sicherung			verbrauchs- gebunden Kosten K <sub>B</sub> [€]
Verwaltung	0,01				102,50
Versicherung		0,005			51,25
Summe verbrauchsgebundene Kosten					153,75
Gesamtkosten jährlich nach VDI 2067					4.102,91

Quelle: Eigene Darstellung



Tab. 9: Kostenvergleich Gastherme – Einfamilienhaus nach VDI 2067

Ermittlung der kapitalgebunden Jahreskosten					
Gastherme	Investitions- kosten $I_0$ [€]	Nutzungs- dauer $n$ [Jahre]	Annuitäts- faktor $a$	Faktor Instandhaltungs- kosten $f_0$	Kapital- gebundene Kosten $K_A$ [€]
Anschluß + Gastherme	4.050,00	20	0,0672	0,02	353,22
Kamin	1.100,00	20	0,0672	0,02	95,94
Mess-, Steuer, Regeleinrichtung	450,00	12	0,1005	0,02	54,21
Wärmeverteilung	1.500,00	15	0,0838	0,02	155,65
Wärmespeicher	3.000,00	15	0,0838	0,02	311,30
Summe Investitionskosten	10.100,00	Summe kapitalgebundene Kosten			970,32
Ermittlung der verbrauchsgebunden Kosten					
Gastherme	Primär- energie- verbrauch $Q_{\text{PRIM}}$ [kWh]	Primär- energie- preis $k_{\text{PRIM}}$ [€/kWh]	Hilfs- energie- verbrauch $Q_{\text{HILF}}$ [kWh]	Hilfsenergiepreis $k_{\text{HILF}}$ [€/kWh]	verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Heizungsverbrauch	18.000,00	0,069	1.000,00	0,16	1402,00
Warmwasserverbrauch	10.800,00	0,069	600,00	0,16	841,20
Summe verbrauchsgebundene Kosten					2243,20
Ermittlung der betriebsgebunden Kosten					
Gastherme	Faktor für Wartung	Faktor für Betätigung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Wartung	0,02				202,00
Betätigung		0,015			151,50
Summe betriebsgebundene Kosten					353,50
Ermittlung der sonstigen Kosten					
Gastherme	Faktor für Verwaltung	Faktor für Ver- sicherung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Verwaltung	0,01				101,00
Versicherung		0,005			50,50
Summe verbrauchsgebundene Kosten					151,50
Gesamtkosten jährlich nach VDI 2067					3.718,52

Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 10:

## Kostenvergleich Pelletskessel – Einfamilienhaus nach VDI 2067

Ermittlung der kapitalgebunden Jahreskosten					
Pelletskessel	Investitions- kosten $I_0$ [€]	Nutzungs- dauer $n$ [Jahre]	Annuitäts- faktor $a$	Faktor Instandhaltungs- kosten $f_0$	Kapital- gebundene Kosten $K_A$ [€]
Pelletskessel	10.800,00	20	0,0672	0,02	941,93
Pelletslagererraum	5.400,00	20	0,0672	0,02	470,96
Mess-, Steuer, Regeleinrichtung	500,00	12	0,1005	0,02	60,23
Wärmeverteilung	2.300,00	15	0,0838	0,02	238,66
Wärmespeicher	4.500,00	15	0,0838	0,02	466,95
Summe Investitionskosten	23.500,00	Summe kapitalgebundene Kosten			2178,74
Ermittlung der verbrauchsgebunden Kosten					
Pelletskessel	Primär- energie- verbrauch $Q_{\text{PRIM}}$ [kWh]	Primär- energie- preis $k_{\text{PRIM}}$ [€/kWh]	Hilfs- energie- verbrauch $Q_{\text{HILF}}$ [kWh]	Hilfsenergiepreis $k_{\text{HILF}}$ [€/kWh]	verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Heizungsverbrauch	18.000,00	0,052	1.000,00	0,16	1096,00
Warmwasserverbrauch	10.800,00	0,052	600,00	0,16	657,60
Summe verbrauchsgebundene Kosten					1753,60
Ermittlung der betriebsgebunden Kosten					
Pelletskessel	Faktor für Wartung	Faktor für Betätigung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Wartung	0,02				470,00
Betätigung		0,015			352,50
Summe betriebsgebundene Kosten					822,50
Ermittlung der sonstigen Kosten					
Pelletskessel	Faktor für Verwaltung	Faktor für Ver- sicherung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Verwaltung	0,01				235,00
Versicherung		0,005			117,50
Summe verbrauchsgebundene Kosten					352,50
Gesamtkosten jährlich nach VDI 2067					5.107,34

Quelle: Eigene Darstellung

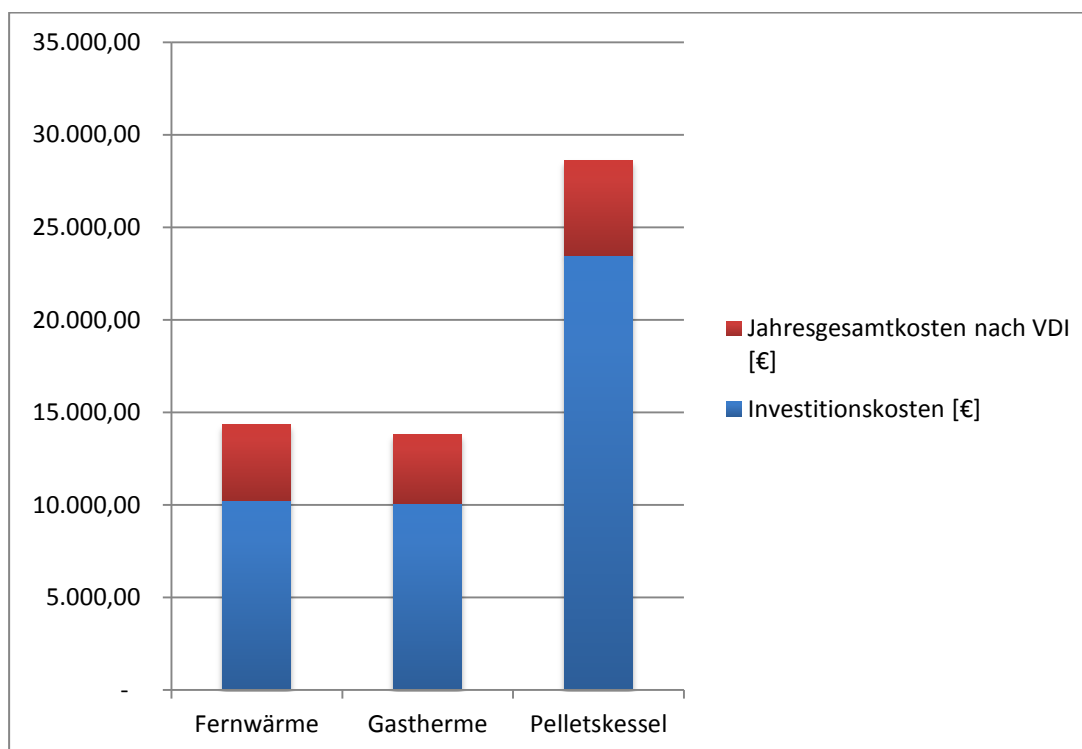
Anhand der nun errechneten jährlichen Jahreskosten lassen sich die drei Energiesysteme gegenüberstellen, und kommen zu folgendem Ergebnis:

**Tab. 11:** Vergleich der Energieversorgungssysteme beim Einfamilienhaus

Energiesystem	Investitionskosten [€]	Jahresgesamtkosten nach VDI [€]
Fernwärme	10.250,00	4.102,91
Gastherme	10.100,00	3.718,52
Pelletsessel	23.500,00	5.107,34

Quelle: Eigene Darstellung

**Abb. 16:** Gegenüberstellung Energiesysteme beim Einfamilienhaus



Quelle: Eigene Darstellung

### Ergebnis:

Wie in der Tabelle 11, und in der Abbildung 16 nun ersichtlich müsste sich die Familie Müller aus rein rationellen Gründen für die Gastherme entscheiden, da diese sowohl in der Investition, als auch im jährlichen zu erwarteten Kosten am günstigsten ist.

Obwohl bei der Pelletsanlage die Rohstoffpreise am günstigen sind, und somit auch die verbrauchsgebunden Kosten, ist die Pelletsanlage in der jährlichen Übersicht bei einem Einfamilienhaus auf Grund der hohen Investitionskosten nicht rentabel.

## 3.4 Qualitatives Bewertungsverfahren: Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse stellt ein analytisches Bewertungsverfahren dar, bei der mehrere Alternativen einander gegenübergestellt werden können. Dabei werden verschiedenen Zielfaktoren (auch nicht quantifizierbare Ziele) beurteilt und durch eine anschließende Gewichtung miteinander verglichen. Die Nutzwertanalyse soll vor allem subjektive Werte beurteilen, welche in einer quantitativen Analyse nicht möglich wären, und soll neben der Kosten-Nutzen-Analyse die Entscheidungsfindung erleichtern.<sup>27</sup>

Damit die Objektivität bei diesem Bewertungsverfahren erhalten bleibt, sollte die Nutzwertanalyse am besten im Team durchgeführt werden, damit keine subjektiven Einflüsse mit in die Analyse miteinfließen.<sup>28</sup>

Das Bewertungsverfahren für die Nutzwertanalyse lässt sich in fünf Punkte gliedern:

### 1.) Zielkriterienbestimmung

Dabei werden zuerst die relevanten Ziele, Anforderungen, Funktionen oder Eigenschaften, die sogenannten Zielkriterien bestimmt. Danach werden die wichtigsten Kriterien aufgelistet, die für die Entscheidung notwendig sind. Zum Beispiel bei einem Vergleich von Energiesystemen könnten dies die Investitionskosten, Wartungsintensität, Machbarkeit, Arbeitsaufwand, Betriebskosten etc. sein.<sup>29</sup>

### 2.) Zielkriteriengewichtung

Da nicht alle gesammelten Kriterien für die Beurteilung gleich wichtig sind, werden die einzelnen Kriterien mit einem Gewichtungsfaktor versehen. Damit ein aussagekräftiges Ergebnis erzielt wird, empfiehlt es sich eine breite Skalierung zu bestimmen. Zum Beispiel eine Intervallskala von 1 bis 5 wobei 1 – 2 nicht wichtig, 3 mittel und 4 – 5 wichtig bedeuten können.<sup>30</sup>

### 3.) Teilnutzenbestimmung

Sobald ein Zielkriterium mit einer Skala gewichtet worden ist, spricht man beim Ergebnis von einem Zielerreichungsgrad. Damit der Zielerreichungsgrad bei allen Alternativen vergleichbar ist, muss vorher für jedes Kriterium die passende Skala definiert werden. Dadurch können die Ergebnisse in sogenannten Teilnutzen umgerechnet werden.<sup>31</sup>

---

<sup>27</sup> Vgl. Jung (2011), S. 134

<sup>28</sup> Vgl. Ebenda S. 134

<sup>29</sup> Vgl. Ebenda S. 134

<sup>30</sup> Vgl. Ebenda S. 135

<sup>31</sup> Vgl. Ebenda S. 135

#### 4.) Nutzwertermittlung

Nun werden die Teilnutzen zusammengefasst zu einem Gesamtnutzen und können somit in den einzelnen Alternativen miteinander verglichen werden.<sup>32</sup>

#### 5.) Vorteilhaftigkeitsbewertung

Durch den nun resultierenden Gesamtnutzen kann eine Reihung der Alternativen stattfinden, und die Alternative mit dem höchsten Nutzwert wird gewählt. Dieser Vorgang wird als Vorteilhaftigkeitsbewertung definiert.<sup>33</sup>

#### Beispiel Nutzwertanalyse am Einfamilienhaus

Um die Nutzwertanalyse nun noch in einem praxisbezogenen Beispiel zu verdeutlichen, wird nun das bereits oben analysierte Einfamilienhaus mit einer Nutzwertanalyse betrachtet:

Tab. 12: Nutzwertanalyse beim Einfamilienhaus

Kriterien	Gewichtung	Fernwärme	Teilnutzen Fernwärme	Gastherme	Teilnutzen Gas-therme	Pelletsanlage	Teilnutzen Pelletsanlage
Machbarkeit	Ja/Nein	Ja	-	Ja	-	Ja	-
Investitionskosten	5	10	50	10	50	3	15
Betriebskosten	3,5	8	28	10	35	4	14
Verlust von Wohnfläche	2	10	20	8	16	5	10
Ökologischer Nutzen	2,5	6	15	2	5	8	20
Wartungsintensität	2	8	16	7	14	5	10
Gesamtnutzen		42		37		25	
Vorteilhaftigkeitsbewertung		1		2		3	

Quelle: Eigene Darstellung

<sup>32</sup> Vgl. Junge (2011), S.135

<sup>33</sup> Vgl. Ebenda, S. 135

Anhand dieser Nutzwertanalyse lässt sich nun feststellen, dass auf Grund von bestimmten Zielkriterien die Fernwärme der Gastherme vorzuziehen wäre. Dadurch lässt sich nun sehr gut erkennen, dass durch die Kostenrechnung nach der VDI zwar der Gaskessel aus Sicht der Kosten besser geeignet wäre, aber durch das einfließen von festgelegten Zielkriterien lässt sich erkennen, dass im Endeffekt die Fernwärme vermutlich die bessere Lösungsvariante wäre.

## 4 Vergleich der verschiedenen Energiesysteme

### 4.1 Grundlagenermittlung und Rahmenbedingungen

Bevor nun die Energiesysteme am Beispiel der Wohnanlage miteinander verglichen werden, müssen vorher noch die Grundlagen und Rahmenbedingungen, welche für die Berechnung notwendig sind definiert werden.

Wie bereits erwähnt handelt es sich um eine Wohnanlage, welche im Passivhausstandard errichtet werden soll. Um nun den notwendigen Gesamtwärmebedarf (Wärmebedarf von Heizung und Warmwasser) zu ermitteln, müssen vorher noch die Raumtemperaturen festgelegt werden.

Die ÖNORM EN 15251 empfiehlt bestimmte Raumtemperaturen, in Abhängigkeit der Heiz- und Kühlperioden. In dieser Anlehnung wurde in Rücksprache mit dem Auftraggeber, sowie unter Berücksichtigung der Planungsrichtlinien folgende Raumtemperaturen vereinbart:

Tab. 13: Vereinbarte Raumtemperaturen mit NHT

ÖNORM EN 15251 2007-09-01		Mindestwert		Höchstwert	
Innenraumtemperaturen (operativ)		Heizperiode		Kühlperiode	
Gebäude- bzw. Raumtyp	Kategorie	empfohlen	vereinbart	empfohlen	vereinbart
Einheiten		°C	°C	°C	°C
Wohngebäude: Wohnräume (Wohnzimmer, Empfangsräume, Küche, Kinderzimmer usw.)	2	20,0	20,0	26,0	k.V.
Wohngebäude: reine Schlafzimmer (Eltern-, Kinder usw.)	2	18,0	20,0	26,0	k.V.
Wohngebäude: Andere Räume (Lagerräume, Flure usw.)	2	16,0	18,0	26,0	k.V.
Bad oder Duschaum	2	24,0	24,0	26,0	k.V.
WC	2	18,0	18,0	26,0	k.V.

Quelle: Eigene Darstellung nach Rücksprache mit Auftraggeber

Aus diesen Vorgaben lässt sich nun die Norm-Heizlast für das Gebäude errechnen. Die Berechnung der Heizlast erfolgt nach ÖNORM EN 12831 mit der Ergänzung für Österreich nach ÖNORM H 7500, für eine Norm-Außentemperatur von  $-16^{\circ}\text{C}$ .

Auf Basis der Heizlast und dem notwendigen Warmwasserverbrauch, welche durch die Wohnungsstationen abgedeckt werden ergibt sich folgender errechneter Wärmebedarf:

Tab. 14: Gesamtwärmebedarf Wohnanlage errechnet

Dauer	Heizlast	WW-Bedarf	Gesamtarbeit	140 kW	175 kW	210 kW
Min	kWh	kWh	kWh	Speicher	Speicher	Speicher
10	23	42	65	1.445	1.244	1.043
20	47	70	117	2.408	2.007	1.605
30	70	90	160	3.096	2.494	1.892
40	93	120	213	4.128	3.325	2.523
60	140	140	280	4.816	3.612	2.408
90	210	180	390	6.192	4.386	2.580
120	280	225	505	7.740	5.332	2.924
180	420	270	690	9.288	5.676	2.064

Quelle: Eigene Darstellung nach den Angaben von der NHT

Durch den errechneten Gesamtwärmeverbrauch, unter Berücksichtigung der Gleichzeitigkeit, kann nun ein Wärmeverbrauch von **180 kW** mit einem zugehörigen Wärmespeicher von 2000l ermittelt werden. Der Wärmespeicher ist hierbei notwendig um eventuelle Spitzenlasten abzudecken.

Für die Wohnanlage werden ca. **1.600 Betriebsstunden** für das Heizungssystem veranschlagt. Wobei davon ca. 1000 Betriebsstunden für die Heizung und 600 Betriebsstunden für die Warmwasserbereitung benötigt werden.

Daraus resultiert ein Primärenergieverbrauch von:

Tab. 15: Primärenergieverbrauch der Wohnanlage

Nutzungsart	Betriebsstunden [h]	Gesamtwärme-last [kW]	Primärenergie-verbrauch [kWh]
Heizung	1.000	180	180.000
Warmwasser	600	180	108.00

Quelle: Eigene Darstellung



## 4.2 Festlegung der Zielkriterien

Bevor nun im nächsten Punkt mit dem Vergleich der einzelnen Energiesysteme begonnen wird, müssen zunächst noch die Zielkriterien definiert werden. Diese sind nicht nur für die spätere Nutzwertanalyse relevant, sondern auch um zu wissen ob, die festgelegten Zielkriterien, welche mit dem Auftraggeber definiert worden sind auch eingehalten wurden.

### 1.) Machbarkeit

Dies ist wohl das wichtigste Zielkriterium, bevor überhaupt mit einer Alternativanalyse begonnen werden kann, muss zuvor muss geprüft werden, ob das gewählte Energiesystem für dieses Projekt überhaupt machbar ist. Dies klingt zwar banal, aber des Öfteren geschieht es speziell währen der Anfangsphase des Projektes, dass über ein Energiesystem z.B. Fernwärme gesprochen wird, und dieses auch als Heizungssystem in der Vorplanung als solches definiert wird. Während sich in der späteren Planung dann herausstellt, dass zwar ein Fernwärmeanschluss vorhanden ist, aber an diesem Anschlusspunkt die Kapazitäten bereits erschöpft sind, und somit ein Anschluss nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist immer vorher eine Machbarkeitsstudie durchzuführen, bevor überhaupt von einem Vergleich von diversen Energiesystem gesprochen werden kann.

### 2.) Investitionskosten

Speziell bei einem Wohnbauträger spielen die Investitionskosten für die Heizungsanlage eine wichtige Rollen, denn oft entscheiden bereits diese ob das Projekt überhaupt realisiert werden kann, oder ob es teilweise reduziert und gegebenenfalls geändert, oder im schlimmsten Fall überhaupt abgebrochen werden muss.

Aus diesem Grund sollte dem Auftraggeber während der Entscheidungsfindung immer eine Kostenschätzung zum Abschluss jeder Projektphase (Vorplanung, Entwurfsplanung, Ausführungsplanung) übermittelt werden, damit dieser die Investitionskosten der im Überblick hat.

### 3.) Betriebskosten

Da in vielen Fällen der Wohnbauträger auch gleichzeitig die Hausverwaltung ist, liegt es natürlich auch in ihrem Interesse die Betriebskosten so niedrig wie möglich zu halten.

### 4.) Der Verlust von Wohnfläche bzw. Verkaufsfläche

Wohnbauträgern rechnen beim Verkauf von Wohnungen immer auf den m<sup>2</sup> – Preis, sprich wenn nun ein größerer Technikraum, oder gar ein Lagerraum für eine Pelletsanlage benötigt wird, heißt das für den Wohnbauträger einen Verlust, da er diese Fläche dann nicht mehr verkaufen bzw. vermieten kann.

### 5.) Ökologischer Nutzen

Auch wenn es nun in der Tiroler Bauordnung bereits verankert ist, dass ein erneuerbares Energiesystem für einen Neubau notwendig ist, hat dies auch noch einen weiteren Nutzen für den Wohnbauträger, denn Wohnanlagen mit Solaranlagen, oder einer Pelletsanlage verkaufen sich bei den Kunden besser, als eine reine Gastherme. Denn auch die Kunden denken bei ihren Betriebskosten an die Zukunft, und die steigenden Rohstoffpreise, und möchten somit später keine böse Überraschung erleben.

### 6.) Wartungsintensität

Da wie bereits erwähnt der Wohnbauträger auch die Hausverwaltung darstellt, ist für ihn natürlich auch die Wartungsintensität der Anlage von entscheidender Bedeutung. Denn was bringt dem Auftraggeber eine Anlage, die zwar einen super ökologischen Nutzen hat, jedoch alle paar Monate auf Störung schaltet, da die Anlagenkomponente nicht richtig harmonieren, oder die Anlage selbst störungsanfällig bzw. wartungsintensiv ist.

### 4.3 Var. 1: Fernwärme mit Solaranlage

Auch wenn eine reine Fernwärmeanlage, welche mit Biomasse betrieben wird, nach der Tiroler Bauordnung bereits ausreichen würde um die Kriterien für eine erneuerbare Energie zu erfüllen, hat sich der Auftraggeber dennoch entschieden zusätzlich noch eine Solaranlage als Heizungs- bzw. Warmwasserunterstützung zu errichten.

Dies wird daher begründet, da das Gebäude durch den Passivhausstandard bereits einen sehr niedrigen Heizungswärmebedarf aufweist, dieser zusätzlich noch mittels der Solaranlage verringert bzw. durch diese teilweise abgedeckt werden soll. Dies hat auch den weiteren Vorteil, dass durch die Solaranlage die Betriebskosten wesentlich verringert werden. Auch hat dies für die NHT einen ökologischen Nutzen, da sie einen großen Wert auf eine umweltbewusste Anlage setzt.

Eine Machbarkeitsstudie wurde hierbei durchgeführt, und es ist ein ausreichender Fernwärmeanschluss vorhanden.

Abb. 17: Anschlusspunkt Fernwärme



Quelle: Eigene Darstellung nach Rücksprache mit dem Fernwärmebetreiber

Durch die Unterstützung der Solaranlage reduzieren sich die Betriebsstunden, die ansonsten die Fernwärmestation abdecken müsste, auf folgende Werte:

Tab. 16: Primärenergieverbrauch der Wohnanlage bei Fernwärme + Solar

Nutzungsart	Betriebsstunden [h]	Gesamtwärme- last [kW]	Primärenergie- verbrauch [kWh]
Heizung	700	180	126.000
Warmwasser	300	180	54.000

Quelle: Eigene Darstellung

Auf Grund des hohen Primärenergieverbrauchs ergibt sich ein neuer Energiepreis für die Fernwärme von: **0,066 € / kWh**

Dadurch ergeben sich nach der Berechnung der VDI folgende Jahresbetriebskosten:

Tab. 17: Kostenvergleich Fernwärme mit Solar – Wohnanlage nach VDI 2067

Ermittlung der kapitalgebunden Jahreskosten					
Fernwärme + Solar	Investitions- kosten $I_0$ [€]	Nutzungs- dauer $n$ [Jahre]	Annuitäts- faktor $a$	Faktor Instandhaltungs- kosten $f_0$	Kapital- gebundene Kosten $K_A$ [€]
Anschluß + Übergabestation FW	20.400,00	20	0,0672	0,02	1779,20
Solaranlage	37.300,00	20	0,0672	0,02	3253,15
Mess-, Steuer, Regeleinrichtung	3.400,00	12	0,1005	0,02	409,57
Wärmeverteilung	5.500,00	15	0,0838	0,02	570,72
Wärmespeicher	4.200,00	15	0,0838	0,02	435,82
Summe Investitionskosten	70.800,00	Summe kapitalgebundene Kosten			6448,45
Ermittlung der verbrauchsgebunden Kosten					
Fernwärme + Solar	Primär- energie- verbrauch $Q_{\text{PRIM}}$ [kWh]	Primär- energie- preis $k_{\text{PRIM}}$ [€/kWh]	Hilfs- energie- verbrauch $Q_{\text{HILF}}$ [kWh]	Hilfsenergiepreis $k_{\text{HILF}}$ [€/kWh]	verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Heizungsverbrauch	126.000,00	0,066	1.400,00	0,16	8540,00
Warmwasserverbrauch	54.000,00	0,066	600,00	0,16	3660,00
Summe verbrauchsgebundene Kosten					12.200,00
Ermittlung der betriebsebenen Kosten					
Fernwärme + Solar	Faktor für Wartung	Faktor für Betätigung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Wartung	0,02				1416,00
Betätigung		0,015			1062,00
Summe betriebsgebundene Kosten					2478,00
Ermittlung der sonstigen Kosten					
Fernwärme + Solar	Faktor für Verwaltung	Faktor für Ver- sicherung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Verwaltung	0,01				708,00
Versicherung		0,005			354,00
Summe verbrauchsgebundene Kosten					1062,00
Gesamtkosten jährlich nach VDI 2067					22.188,45

Quelle: Eigene Darstellung



## 4.4 Var. 2: Gaskessel mit Solaranlage

Da eine reine Gaskesselanlage nicht den Auflagen der Tiroler Bauordnung entspricht wird zusätzlich noch eine thermische Solaranlage, wie bei der Fernwärmanlage, ausgeführt.

Ebenfalls wie bei der Fernwärmanlage wurde auch bei der Gasanlage geprüft ob ein Gasnetz vorhanden ist. Dabei wurde festgestellt, dass auch hierbei ein ausreichend große Gasversorgung durch die Fa. TIGAS sichergestellt werden kann.

Abb. 18: Anschlusspunkt Gasnetz



Quelle: Eigene Darstellung nach Rücksprache mit dem Gasnetzbetreiber

Ebenfalls wie bei dem vorherigen Beispiel können bei der Gasanlage die Betriebsstunden, wie in der Tabelle 16 angeführt, verwendet werden. Dadurch ergeben sich nach der Berechnung der VDI folgende Jahresbetriebskosten:

Tab. 18: Kostenvergleich Gaskesselanlage mit Solar – Wohnanlage nach VDI 2067

Ermittlung der kapitalgebunden Jahreskosten					
Gaskessel + Solar	Investitions- kosten $I_0$ [€]	Nutzungs- dauer $n$ [Jahre]	Annuitäts- faktor $a$	Faktor Instandhaltungs- kosten $f_0$	Kapital- gebundene Kosten $K_A$ [€]
Anschluß + Gastherme	21.300,00	20	0,0672	0,02	1857,69
Solaranlage	37.300,00	20	0,0672	0,02	3253,15
Kamin	2.300,00	20	0,0672	0,02	200,60
Mess-, Steuer, Regeleinrichtung	3.250,00	12	0,1005	0,02	391,50
Wärmeverteilung	5.500,00	15	0,0838	0,02	570,72
Wärmespeicher	4.200,00	15	0,0838	0,02	435,82
Summe Investitionskosten	73.850,00	Summe kapitalgebundene Kosten			6709,47
Ermittlung der verbrauchsgebunden Kosten					
Gaskessel + Solar	Primär- energie- verbrauch $Q_{PRIM}$ [kWh]	Primär- energie- preis $k_{PRIM}$ [€/kWh]	Hilfs- energie- verbrauch $Q_{HILF}$ [kWh]	Hilfsenergiepreis $k_{HILF}$ [€/kWh]	verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Heizungsverbrauch	126.000,00	0,069	700,00	0,16	8806,00
Warmwasserverbrauch	54.000,00	0,069	300,00	0,16	3774,00
Summe verbrauchsgebundene Kosten					12580,00
Ermittlung der betriebsebenen Kosten					
Gaskessel + Solar	Faktor für Wartung	Faktor für Betätigung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Wartung	0,02				1477,00
Betätigung		0,015			1107,75
Summe betriebsgebundene Kosten					2584,75
Ermittlung der sonstigen Kosten					
Gaskessel + Solar	Faktor für Verwaltung	Faktor für Ver- sicherung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Verwaltung	0,01				738,50
Versicherung		0,005			369,25
Summe verbrauchsgebundene Kosten					1107,75
Gesamtkosten jährlich nach VDI 2067					22.981,97

Quelle: Eigene Darstellung

## 4.5 Var. 3: Pelletsanlage

Da die Investitionskosten bei einer Pelletsanlage alleine schon ziemlich hoch sind, wird hierbei keine zusätzliche Solaranlage berücksichtigt. Ein weiterer Grund dafür ist, dass eine Pelletsanlage schon als sehr umweltfreundlich angesehen wird, da sie als CO<sub>2</sub> neutral gilt.

Es wurde bei der Pelletsanlage ebenfalls eine Machbarkeitsstudie durchgeführt, und daraus resultiert, dass ein Pelletslagerraum neben dem Heizraum möglich ist. Der Nachteil daran ist jedoch, dass dadurch mögliche Verkaufsflächen für Kellerabteile oder Lagerräume für die Nutzer verloren gehen.

Bei der Pelletsanlage werden die normalen Betriebsstunden, wie in der Tabelle 15 angeführt, berücksichtigt.



Tab. 19: Kostenvergleich Pelletsanlage – Wohnanlage nach VDI 2067

Ermittlung der kapitalgebunden Jahreskosten					
Pelletsessel	Investitions- kosten $I_0$ [€]	Nutzungs- dauer $n$ [Jahre]	Annuitäts- faktor $a$	Faktor Instandhaltungs- kosten $f_0$	Kapital- gebundene Kosten $K_A$ [€]
Pelletsessel	65.400,00	20	0,0672	0,02	5703,91
Pelletslagerraum	9.400,00	20	0,0672	0,02	819,83
Kamin	2.300,00	20	0,0672	0,02	200,60
Mess-, Steuer, Regeleinrichtung	2.850,00	12	0,1005	0,02	343,32
Wärmeverteilung	4.850,00	15	0,0838	0,02	503,27
Wärmespeicher	3.200,00	15	0,0838	0,02	332,05
Summe Investitionskosten	88.000,00	Summe kapitalgebundene Kosten			7902,97
Ermittlung der verbrauchsgebunden Kosten					
Pelletsessel	Primär- energie- verbrauch $Q_{\text{PRIM}}$ [kWh]	Primär- energie- preis $k_{\text{PRIM}}$ [€/kWh]	Hilfs- energie- verbrauch $Q_{\text{HILF}}$ [kWh]	Hilfsenergiepreis $k_{\text{HILF}}$ [€/kWh]	verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Heizungsverbrauch	180.000,00	0,052	1.000,00	0,16	9520,00
Warmwasserverbrauch	108.000,00	0,052	600,00	0,16	5712,00
Summe verbrauchsgebundene Kosten					15232,00
Ermittlung der betriebsebenen Kosten					
Pelletsessel	Faktor für Wartung	Faktor für Betätigung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Wartung	0,02				1760,00
Betätigung		0,015			1320,00
Summe betriebsgebundene Kosten					3080,00
Ermittlung der sonstigen Kosten					
Pelletsessel	Faktor für Verwaltung	Faktor für Ver- sicherung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Verwaltung	0,01				880,00
Versicherung		0,005			440,00
Summe verbrauchsgebundene Kosten					1320,00
Gesamtkosten jährlich nach VDI 2067					27.534,97

Quelle: Eigene Darstellung

## 4.6 Var. 4: Grundwasserwärmepumpe

Die letzte Variante stellt eine Grundwasserwärmepumpe dar, und ist wohl das ökologischste System, welches als Lösungsalternative dargestellt wird. Ebenfalls wie bei der Pelletsanlage sind hierbei die Investitionskosten schon sehr hoch, daher wird auch hierbei keine Solaranlage mehr zur Heizungs- oder Warmwasserunterstützung vorgesehen.

Es wurde ebenfalls eine Machbarkeitsstudie bezüglich der Grundwasserpumpe durchgeführt, und dabei wurde festgestellt, dass die benötigten Brunnen (Entnahmebrunnen und Rückgabeburinnen), welche für die Grundwasserwärmepumpe notwendig sind, nicht errichtet werden können. Da in diesem Bereich bereits eine größere Grundwasserwärmepumpe vorhanden ist, und dadurch nicht noch mehr Grundwasser entnommen werden darf. Dies geht aus einem Gespräch mit der Gemeinde bzw. der Bezirkshauptmannschaft Kufstein hervor.

Der Vollständigkeit halber wird in dieser Arbeit jedoch dennoch ein Jahresbetriebskostenvergleich durchgeführt.

Da die Grundwasserwärmepumpe eine Leistungszahl von mindestens 4 aufweist, werden hierbei die Betriebsstunden wie folgt gerechnet (Eine Leistungszahl von 4 bedeutet, dass bei 1 Teil der elektrischer Hilfsenergie - 3 Teile thermische Energie erzeugt werden).

Tab. 20: Primärenergieverbrauch der Wärmepumpe

Nutzungsart	Betriebsstunden [h]	Gesamtwärme-last [kW]	Primärenergie-last [kW]	Primärenergie-verbrauch [kWh]
Heizung	1000	180	45	45.000
Warmwasser	600	180	45	27.000

Quelle: Eigene Darstellung

Tab. 21: Kostenvergleich Wärmepumpe – Wohnanlage nach VDI 2067

Ermittlung der kapitalgebunden Jahreskosten					
Wärmepumpe	Investitions- kosten $I_0$ [€]	Nutzungs- dauer $n$ [Jahre]	Annuitäts- faktor $a$	Faktor Instandhaltungs- kosten $f_0$	Kapital- gebundene Kosten $K_A$ [€]
Wärmepumpe	43.400,00	20	0,0672	0,02	3785,16
Wärmequellen (Grundwasser)	38.400,00	20	0,0672	0,02	3349,08
Mess-, Steuer, Regeleinrichtung	5.850,00	12	0,1005	0,02	704,70
Wärmeverteilung	8.400,00	15	0,0838	0,02	871,64
Wärmespeicher	3.800,00	15	0,0838	0,02	394,31
Summe Investitionskosten	99.850,00	Summe kapitalgebundene Kosten			9104,90
Ermittlung der verbrauchsgebunden Kosten					
Wärmepumpe	Primär- energie- verbrauch $Q_{\text{PRIM}}$ [kWh]	Primär- energie- preis $k_{\text{PRIM}}$ [€/kWh]	Hilfs- energie- verbrauch $Q_{\text{HILF}}$ [kWh]	Hilfsenergiepreis $k_{\text{HILF}}$ [€/kWh]	verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Heizungsverbrauch	45.000,00	0,16	2.000,00	0,16	7520,00
Warmwasserverbrauch	27.000,00	0,16	1.200,00	0,16	4512,00
Summe verbrauchsgebundene Kosten					12.032,00
Ermittlung der betriebsgebunden Kosten					
Wärmepumpe	Faktor für Wartung	Faktor für Betätigung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Wartung	0,02				1997,00
Betätigung		0,015			1497,75
Summe betriebsgebundene Kosten					3494,75
Ermittlung der sonstigen Kosten					
Wärmepumpe	Faktor für Verwaltung	Faktor für Ver- sicherung			verbrauchs- gebunden Kosten $K_B$ [€]
Verwaltung	0,01				998,50
Versicherung		0,005			499,25
Summe verbrauchsgebundene Kosten					1497,75
Gesamtkosten jährlich nach VDI 2067					26.129,40

Quelle: Eigene Darstellung

## **4.7 Auswahl des Energieversorgungssystems mittels Nutzwertanalyse**

Basierend auf der Beschreibung in Punkt 3.4 wird nun eine Nutzwertanalyse an dem Beispiel der Wohnanlage durchgeführt.

Dabei werden die Zielkriterien aus dem Punkt 4.2 verwendet und dementsprechend gewichtet. Die Gewichtung erfolgt von einer Punktezahl von 1-5, wobei 4-5 wichtig, 3 normal, und 1-2 eher unwichtig darstellt.

### 1.) Machbarkeit

Da es sich hierbei um eine Nominalskala handelt erfolgt hierbei eine einfache Ja/Nein Gewichtung, die jedoch bei einem Nein zu einem Ausscheiden des Energiesystems führt.

Gewichtung: Ja / Nein

### 2.) Investitionskosten

Da wie bereits erwähnt die Investitionskosten bei einem Wohnbauträger als sehr wichtiges Zielkriterium erachtet werden, da es oftmals den weiteren Bauverlauf beeinflusst, wird dieses Kriterium als sehr wichtig angesehen.

Gewichtung: 5 (sehr wichtig)

### 3.) Betriebskosten

Die Betriebskosten sind zwar auch ein wichtiger Einflussfaktor für den weiteren Verlauf der Wohnanlage, jedoch nur wenn der Wohnbauträger auch gleichzeitig auch die Hausverwaltung ist. Da es sich in diesem Fall um Mietwohnungen handelt, wird dieses Kriterium als normal wichtig angesehen.

Gewichtung: 3 (normal wichtig)

### 4.) Der Verlust von Wohnfläche bzw. Verkaufsfläche

Der Verlust von Verkaufsfläche ist zwar immer eine Preisminderung des Objektes für den Wohnbauträger, da es sich bei den Verkaufsflächen jedoch meistens nur um Kellerabteile oder untergeordnete Lagerräume handelt ist dies ein eher unwichtiges Zielkriterium.

Gewichtung: 2 (eher unwichtig)

## 5.) Ökologischer Nutzen

Wie bereits erwähnt stehen für die meisten Auftraggeber die Investitionskosten im Vordergrund, und der ökologische Nutzen wird eher als ein Zusatznutzen bzw. ein weiteres Verkaufsargument betrachtet. Bei der neuen Heimat spielt jedoch die Nachhaltigkeit eine große Rolle und daher ist auch hierbei der Ökologische Nutzen nicht unwesentlich.

Gewichtung: 3,5 (eher wichtig)

## 6.) Wartungsintensität

Da die NHT auch die Hausverwaltung übernimmt ist diese auch bei den Wohnanlagen für die Betreuung sämtlicher Anlagenkomponenten zuständig. Daher ist es essentiell, dass sämtliche Heizungssysteme störungsfrei und nur mit den vorschriftsmäßigen, und erforderlichen Wartungsintervallen ausgeführt werden. Da es sich jedoch bei den hier verglichenen Energiesystemen um keine exotischen Anlagen handelt, und diese schon bereits seit vielen Jahren erfolgreich installiert werden, ist dieses Kriterium in dieser Anlage eher unwichtig.

Gewichtung: 1,5 (eher unwichtig)

Basierend auf diesen Zielkriterien, und deren Gewichtungen ergibt sich folgende Nutzwertanalyse:

Tab. 22: Nutzwertanalyse - Wohnanlage

Kriterien	Gewichtung	Fernwärme mit Solar	Teilnutzen Fernwärme	Gaskessel mit Solar	Teilnutzen Gaskessel	Pelletsanlage	Teilnutzen Pelletsanlage	Wärmepumpe	Teilnutzen Wärmepumpe
Machbarkeit	Ja/Nein	Ja	-	Ja	-	Ja	-	Nein	-
Investitionskosten	5	10	50	9	45	5	25	3	15
Betriebskosten	3	10	30	9	27	4	12	5	15
Verlust von Wohnfläche	2	8	16	7	14	3	6	3	6
Ökologischer Nutzen	3,5	9	31,5	5	17,5	6	21	10	35
Wartungsintensität	1,5	6	9	6	9	5	7,5	5	7,5
Gesamtnutzen			136,5		112,5		71,5		78,5
Vorteilhaftigkeitsbewertung		1	2	3	(nicht machbar)				

Quelle: Eigene Darstellung

Basierend auf der Nutzwertanalyse würde der Fernwärmestation in Kombination mit der Solaranlage der Vorzug gegeben. Im nächsten Punkt der Ergebnisanalyse werden nochmals alle Energiesystem anhand der errechneten Werte miteinander verglichen, um anschließend eine Empfehlung an den Auftraggeber abgeben zu können.

## 4.8 Ergebnisanalyse

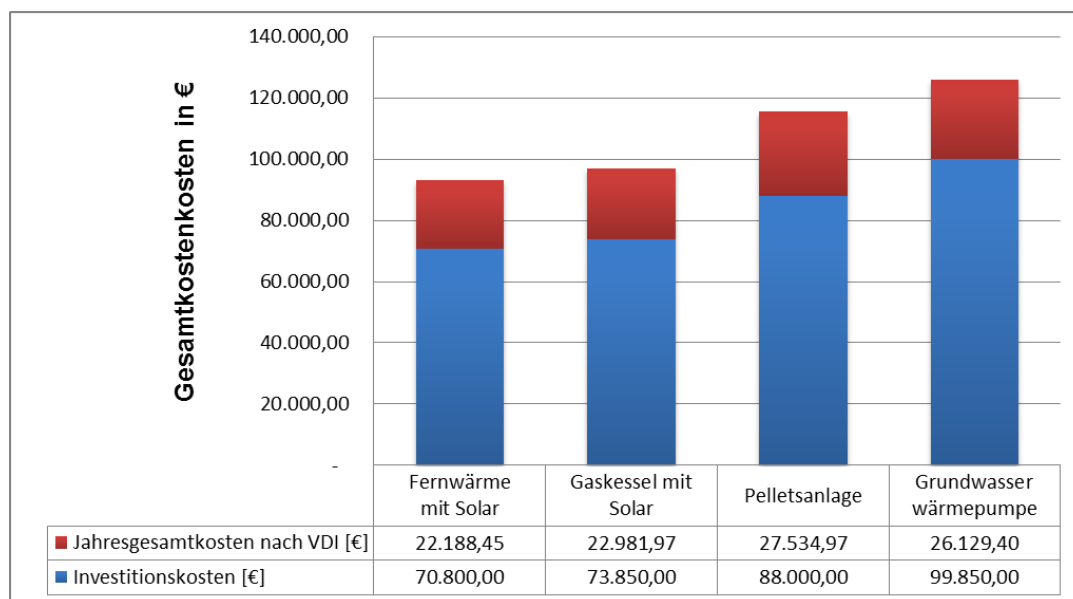
Anhand der vorliegenden Berechnungen lassen sich nun die verschiedenen Energiesysteme wie folgt miteinander vergleichen:

**Tab. 23:** Kostenvergleich der Energiesysteme - Wohnanlage

Energiesystem	Investitionskosten [€]	Jahresgesamtkosten nach VDI [€]
Fernwärme mit Solar	70.800,00	22.188,45
Gaskessel mit Solar	73.850,00	22.981,97
Pelletsanlage	88.000,00	27.534,97
Grundwasserwärmepumpe	99.850,00	26.129,40

Quelle: Eigene Darstellung

**Abb. 19:** Gegenüberstellung Energiesysteme bei der Wohnanlage



Quelle: Eigene Darstellung

Hierbei lässt sich nun gut erkennen, was auch bereits bei der Nutzwertanalyse in der Tabelle 22 bereits ersichtlich war, dass die Fernwärmestation kombiniert mit einer thermischen Solaranlage das beste Energiesystem für den Auftraggeber darstellt. Es ist sowohl in den Investitionskosten, als auch in den jährlichen Verbrauchskosten das günstigste System, und auch bei der Entscheidung durch die Zielkriterien hat es sich als das beste System herausgestellt.

Des Weiteren lässt sich auch erkennen, dass die Gaskesselanlage mit Solarunterstützung von den Investitionskosten und den jährlichen Verbrauchskosten nur knapp hinter der Fernwärme liegt. Auch bei der Nutzwertanalyse belegt die Gastherme Platz zwei, und wäre somit eine gute Alternative, falls kein Fernwärmenetz vorhanden ist.

Die Pelletsanlage und die Grundwasserwärmepumpe teilen sich Platz 3 und 4, und sind somit nur als eine Art Notlösung zu betrachten, da bei diesen beiden Varianten die Investitionskosten einfach im Vergleich zu den anderen Energiesystemen zu hoch sind. Und auch bei den jährlichen Verbrauchskosten schneiden sie im Vergleich zu den beiden anderen Energiesystemen wesentlich schlechter ab, was sich auch in der Nutzwertanalyse widerspiegelt.

Als Ergebnis lässt sich also festhalten, dass dem Auftraggeber eine klare Empfehlung für die Fernwärmestation mit einer thermischen Solaranlage gegeben werden kann.

## 5 Schlussteil

### 5.1 Conclusio

Ziel der Arbeit war es ein Bewertungsverfahren zu entwickeln, womit es möglich ist verschiedenen Energiesystem miteinander zu vergleichen. Dabei sollte nicht nur auf den wirtschaftlichen Aspekt Rücksicht genommen werden, sondern auch „soft Facts“ wie die Wartungsintensität der Anlage, oder der ökologische Nutzen sollten dabei eine Rolle spielen. Da es seitens der Haustechnik mit der VDI 2067 ein wirtschaftliches Berechnungsverfahren gibt, welches die Kostenrechnung im Bereich der TGA – Planung vereinheitlichen soll, wurde dieses quantitative Bewertungsverfahren gewählt um die verschiedenen Energiesysteme miteinander zu vergleichen. Da jedoch mit dem quantitativen Verfahren lediglich die „hard Facts“ miteinander verglichen werden konnten, wie die Betriebskosten, Investitionskosten, Wartungskosten etc., wurde ergänzend noch ein qualitatives Bewertungsverfahren benötigt. Dabei stellte sich rasch heraus, dass die Nutzwertanalyse das ideale Werkzeug im Bereich der Gebäudetechnik ist. Denn mit diesem können Zielkriterien wie die Wartungsintensität, der ökologische Nutzen, oder der Verlust von Wohnflächen bewertet werden und, den Energiesystemen entsprechend gewichtet und abschließend gereiht werden.

Mit diesen beiden Bewertungsverfahren ist es in der TGA – Planung rasch und effizient möglich mehrere Energiesysteme miteinander zu vergleichen, und somit können dem Auftraggeber Kennzahlen und Fakten vorgestellt werden, die ihm die Entscheidung für ein Heizungssystem erleichtern soll.

In dem projektbezogenen Beispiel wurde hierfür eine Wohnanlage mit 56 Wohnungen, welche von der neuen Heimat Tirol errichtet wird, herangezogen. Da es sich bei der Wohnanlage um ein Wohngebäude mit Passivhausstandard hält, signalisiert der Auftraggeber auch bereits, dass ihm die Umwelt am Herzen liegt, und er auch ein Gebäude errichten möchte, dass sowohl wirtschaftlich, als auch ökologisch sinnvoll ist.

Im Laufe der Berechnungen hat sich die Fernwärmeanlage kombiniert mit einer thermischen Solaranlage als das beste Energiesystem herausgestellt. Knapp dahinter auf Platz zwei reiht sich der Gaskessel ebenfalls kombiniert mit einer Solaranlage ein. Dabei bilden der Pelletskessel und die Wärmepumpe das Schlusslicht, da diese beiden Systeme mit ihren hohen Investitionskosten zumindest im Bereich des Wohnbaus zu teuer sind.



## 5.2 Maßnahmen und Konsequenzen

Das in dieser Arbeit entwickelte quantitative und qualitative Bewertungsverfahren wurde derzeit mit der Geschäftsführung besprochen und soll in der nächsten „Best-Practice“ Sitzung den Mitarbeitern und Technikern vorgestellt werden. Dies hat den Vorteil, dass sämtliche Mitarbeiter über das neue Berechnungsprogramm informiert werden, und auch gleichzeitig die Handhabung mit dem Programm und den Zusammenhang mit diversen Faktoren bzw. Kenndaten verstehen. Des Weiteren können die Mitarbeiter bei dieser Sitzung auch etwaige Verbesserungswünsche, oder Anregungen mit einfließen lassen, damit die Bewertungsverfahren noch verbessert und ausgereift werden können.

Sobald diese Entwicklung abgeschlossen ist, werden die beiden Bewertungsverfahren, in die Unternehmensstruktur integriert, und finden dort auch ihre „tägliche“ Anwendung.

# Anhang

## Literaturverzeichnis:

### Monographien und sonstige Veröffentlichungen:

**Bergdolt, Gudrun; Mattner Dirk:**

Energiesparen im Haushalt, Haufe-Lexware Verlag; 1. Auflage, 2009

**Jung, Hans:**

Controlling, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2011

**Kleinau, Christiane:**

Der Treibhauseffekt als Thema im Sachunterricht: Untersuchungen zu Möglichkeiten und Grenzen, Diplomica Verlag, 1. Auflage, 2013

**Koch, Susanne:**

Einführung in das Management von Geschäftsprozessen: Six Sigma, Kaizen und TQM, Springer Verlag, 2011

**Krimmling, Jörn; Oelschlegel, Joachim; Höschele, Viktor:**

Technisches Gebäudemanagement: Instrumente zur Kostensenkung in Unternehmen und Behörden, expert Verlag, 4. Auflage, 2013

**Lübbe Eva:**

Klausurtraining Bauphysik

Vieweg und Teubner Verlag, 3. Auflage, 2007

**Schuck, Judith:**

Passivhäuser: Bewährte Konzepte und Konstruktionen

Kohlhammer Verlag, 2007

**Stelling, Johannes:**

Kostenmanagement und Controlling, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 1. Auflage, 2008

**Weglage, Andreas; Gramlich, Thomas; Pauls, Bernd; Pauls, Stefan; Schmelich, Ralf; Jasef, Tobias:**

Energieausweis - Das große Kompendium: Grundlagen - Erstellung – Haftung, Vieweg und Teubner Verlag, 3. Auflage, 2009

**Wosnitza, Franz; Hilgers, Hans Gerd:**

Energieeffizienz und Energiemanagement: Ein Überblick heutiger Möglichkeiten und Notwendigkeiten, Vieweg und Teubner Verlag, 2012

**Zeitschriften, Zeitungen und sonstige Publikationen****Werbefolder SHP**

Werbefolder der Fa. Stiefmüller Hohenauer Partner, 2014

**Sonstige Quellen im World Wide Web****Energie Geretsried – Heizkostenvergleich nach VDI 2067**

URL: [http://www.energie-geretsried.de/tl\\_files/energie\\_geretsried/redaktion/Fernwaerme%20-%20Downloads/Heizkostenvergleich%20FW%20nach%20VDI%202067%20fuer%202012.pdf](http://www.energie-geretsried.de/tl_files/energie_geretsried/redaktion/Fernwaerme%20-%20Downloads/Heizkostenvergleich%20FW%20nach%20VDI%202067%20fuer%202012.pdf), verfügbar am 24.08.2014

**Energie Tirol – Energiepreismonitor Tirol Stand 2014**

URL: <http://www.energie-tirol.at/fileadmin/static/sonstiges/Energiepreismonitor%20Stand%20Juni%202014.pdf>, verfügbar am 23.08.2014

**Frankfurter Rundschau – Klimawandel und Treibhauseffekt**

URL: <http://www.fr-online.de/klimawandel/klimaschutz-frische-brise-im-treibhaus-erde,1473244,2903420.html>, verfügbar am 23.08.2014

**Landesrecht Tirol: Gesamte Rechtsvorschrift für Tiroler Bauordnung 2011**

URL: <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrT&Gesetzesnummer=20000473>, verfügbar am 23.08.2014

**Meine Heizung – CO2 Emissionen**

URL: <http://www.meineheizung.de/oelheizung/co2-emissionen-oelheizung>, verfügbar am 23.08.2014

**NHT – Neue Heimat Tirol**

URL: <http://www.neueheimattirol.at/artikel/10011/wir+ueber+uns.aspx>, verfügbar am 23.08.2014

**Rathaus Kundl - Fernwärmeversorgung**

URL:

[http://www.vivomondo.com/de/rathaus/kundl/energie\\_service/unsere\\_e5\\_gemeinde](http://www.vivomondo.com/de/rathaus/kundl/energie_service/unsere_e5_gemeinde), verfügbar am 23.08.2014

**SHP – Stiefmüller Hohenauer Partner GmbH**

URL: <http://www.shp.at>, verfügbar am 23.08.2014

**Statista** – Treffen Sie viele Entscheidungen mehr mit dem Gefühl als mit dem Verstand?

URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/173954/umfrage/entscheidungsfindung-mehr-mit-dem-gefuehl-als-mit-dem-verstand/>, verfügbar am 23.08.2014

**Wirtschaftslexikon Gabler – Annuitätsfaktor**

<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/wiedergewinnungsfaktor.html?referenceKeywordName=Annuit%C3%A4tsfaktor>, verfügbar am 23.08.2014

**Erwähnte und verwendete Normen und Richtlinien:**

**ÖNORM H 7500**

Heizungssysteme in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast  
Nationale Ergänzung zu ÖNORM EN 12831), Jänner 2006

**ÖNORM EN 15251**

Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden - Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik, September 2007

**ÖNORM EN 12831**

Heizungsanlagen in Gebäuden - Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast, Dezember 2003.

**VDI 2067**

Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung, September 2012

## Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst und in der Bearbeitung und Abfassung keine anderen als die angegebenen Quellen oder Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate als solche gekennzeichnet habe. Die vorliegende Bachelorarbeit wurde noch nicht anderweitig für Prüfungszwecke vorgelegt.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift